



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

ULB

Entwicklung einer opto-elektronischen Bahnabtastung für Trockengradmessungen an einer laufenden bedruckten Papierbahn

Glück, Michael; Rodriguez-Giles, Jorge; Scheuter, Karl R. et al.
(1980)

DOI (TUprints): <https://doi.org/10.25534/tuprints-00014060>

License:



CC-BY 4.0 International - Creative Commons, Attribution

Publication type: Report

Division: 16 Department of Mechanical Engineering
16 Department of Mechanical Engineering

Original source: <https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/14060>

Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren
der Technischen Hochschule Darmstadt

Institutsdirektor: Prof. Dipl.-Ing. Karl R. Scheuter

Entwicklung einer opto-elektronischen
Bahnabtastung für Trockengradmessungen
an einer laufenden bedruckten Papierbahn

Teil I

M. Glück, J. Rodriguez-Giles, K. R. Scheuter

Teil II

G. Hübner, J. Rodriguez-Giles, K. R. Scheuter

Darmstadt 1980

Institutsbericht 1/1980

Der vorliegende Bericht unterrichtet in seinem I. Teil über das 1976 unter Leitung von Prof. Dipl.-Ing. K.R. Scheuter begonnene und Ende 1977 abgeschlossene Forschungsvorhaben "Untersuchung des Zusammenhanges zwischen einem druck- und verarbeitungstechnisch relevanten Trocknungsgrad und dem Ablauf des Trockenprozesses bei in Walzenfarbwerken (z.B. im Offsetdruck) anwendbaren Druckfarben" (AIF-Nr. 3604). Sachbearbeiter waren

Dr.-Ing. M. Glück und Dr. rer.nat. J. Rodriguez-Giles.

In seinem II. Teil unterrichtet es über das 1979 abgeschlossene Fortsetzungsvorhaben "Entwicklung einer opto-elektronischen Bahnabtastung für Trockengradmessungen an einer laufenden bedruckten Papierbahn" (AIF-Nr. 4147). Sachbearbeiter waren

Dr. rer.nat. J. Rodriguez-Giles und cand.ing. G. Hübner.

Finanzieller Träger der Forschungsvorhaben war die Forschungsgesellschaft Druckmaschinen e.V. mit Zuwendungen des Bundeswirtschaftsministeriums über die Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschungsvereinigungen AIF.

Dank gebührt der Forschungsgesellschaft Druckmaschinen e.V. und ihren Mitgliedsfirmen auch für ihre Unterstützung durch Sachspenden.

I N H A L T

	Seite
0. Verzeichnis der wichtigsten Symbole	VII
<u>Teil I</u>	
1. Einführung	3
1.1 Aufgabenstellung	3
1.2 Schilderung des Meßverfahrens	3
1.3 Ziele bei der Fortführung der Entwicklungsarbeiten	6
2. Verschmierungsmessungen an Buntfarben	6
2.1 Problemstellung	6
2.2 Spektrale Empfindlichkeit der Meßanordnung	7
2.3 Linienbeleuchtung mit Xenon-Höchstdrucklampe	8
3. Genauere Betrachtung des Abschmiervorganges und daraus resultierende Möglichkeit zur Verbesserung der Meßmethode	11
3.1 Meßanordnung mit Messung auf dem Papier	11
3.2 Abgabe von Farbe von der Volltonfläche an den Abschmierer	12
3.3 Rückübertragung der unbedruckten Papierfläche	13
4. Über den Mechanismus des Rückübertragungsvorganges	16
4.1 Modellbeschreibung des Rückübertragungsvorganges	16
4.2 Die Abhängigkeit der Integralen Verschmierung V_I über die Belastung	18
5. Reinigung des Abschmierers vor jedem Meßvorgang. Meßergebnisse.	19

	Seite
6. Messungen mit Infrarottrocknung	21
6.1 Allgemeines	21
6.2 Meßbedingungen	22
6.3 Meßergebnisse an Naturpapier	23
6.4 Meßergebnisse an gestrichenem Papier	25
7. Bewertung des entwickelten Meßverfahrens	26
<u>Teil II</u>	
1. Beschreibung der neueren Auswerteelektronik	33
1.1 Steuersignale	36
1.2 Erster analoger Teil: Integrationsschaltung, Geschwindigkeitskompensation. Erste Quotientenbildung	37
1.3 Digitale Berechnung von Q_0 -Q - Bereitstellung von Q_0 -Q und Q_0 für die zweite Quotientenbildung	38
1.4 Zweiter analoger Teil: Bildung des Quotienten Q_0 -Q/ Q_0 und Dämpfungsglied	39
2. Test der Auswerteelektronik	41
2.1 Test mit dem Simulator	41
2.2 Test an der Modell-Druckmaschine bei Anwendung von UV-trocknender Farbe	41
3. Erprobung der Meßanordnung an einer Produktions-Druckmaschine	46
I. Variation der Belastung	46
II. Variation der Bahngeschwindigkeit	47
III. Bewertung der Versuche	48
4. Ausblick und Zusammenfassung	48
Literatur	51
Bilder	52-90

0. Verzeichnis der wichtigsten Symbole

- B - Breite
- f - Fläche
- H - Bestrahlungsstärke (J/cm^2)
- K - Konstante
- L - Leuchtdichte
- M - Spannung prop. zur Leuchtdichte in der Meßspur
- N - Anzahl
- P - Strahlerleistung (W/cm)
- Q - Quotient von Leuchtdichten als Maß für den Trockengrad
- q - Farbmenge pro Flächeneinheit
- R - Spannung prop. zur Leuchtdichte in der Referenzspur
- s - Schichtdicke
- T - Temperatur
- t - Zeitkoordinate
- V - Verschmierungsgrad
- VI- Integraler Verschmierungsgrad
- v - Bahngeschwindigkeit
- x - Ortskoordinate in Laufrichtung der Bahn
- β - Remissionsgrad
- λ - Wellenlänge
- σ - Standardabweichung
- Ω - Ortsfrequenz
- ω - Frequenz

Indices

- b - Bedruckstoff
- h - Halbwert
- M - zur Meßspur gehörig
- o - anfangs, erster Wert
- R - zur Referenzspur gehörig
- w - weiß

Teil I

M. Glück, J. Rodriguez-Giles, K. R. Scheuter

1. Einführung

1.1 Aufgabenstellung

Das Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren der Technischen Hochschule Darmstadt (IDD) erhielt von der Forschungsgesellschaft Druckmaschinen e.V. den Auftrag, ein Verfahren und eine Meßanordnung zu entwickeln, um auf der laufenden Bahn Trockengrad-Messungen der kurz vorher bedruckten Farbe durchzuführen. Es bestand der Wunsch, solch eine Meßanordnung zur "on-line"-Steuerung von Trocknereinrichtungen einzusetzen. Das Verfahren sollte direkt die Farbfilmfestigkeit testen. Da für Regelungszwecke die Festigkeitsbestimmung wenige Sekunden nach dem Druck erfolgen muß, sollte dabei auch eine Lücke in der Palette der Trocknungstestgeräte geschlossen werden. Alle bisher angewendeten Verfahren zum Testen der Festigkeit von Farbfilmen eignen sich eher für Langzeitmessungen, da der Druck bzw. Probedruck nach dem Druckvorgang manuell in das Testgerät eingespannt werden muß. Diese Operation aber verlangt Zeit.

Im "Beitrag zur Messung des Trockengrades eines gedruckten Farbfilmes an der laufenden Papierbahn" /1/ wurde über die Entwicklung eines Verfahrens und eines Gerätes zur "on-line"-Trockengradmessung berichtet. Auch die Ergebnisse von Trockengradmessungen auf der laufenden Bahn sind in /1/ zu finden. In dem gegenwärtigen Bericht wird über die Weiterführung dieser Entwicklungsarbeiten berichtet und ist daher eine Fortsetzung von /1/. Als erstes wird das in /1/ ausführlich beschriebene Meßverfahren geschildert.

1.2 Schilderung des Meßverfahrens

Je nach Druckfarbe und Bedruckstoff führt die Trocknung zu Änderungen der Eigenschaften des Farbfilmes, wie z.B. zu einer Verringerung des Glanzes, Abnahme des Lösungsmittelgehaltes oder Änderung der chemischen Zusammensetzung der Farbe, die z.B. durch oxydative Polimerisation verursacht werden kann,

usw. Dies alles könnte zur Bestimmung des Trockengrades herangezogen werden. Allgemein anwendbar ist aber nur ein Festigkeitstest; denn trockene Farbfilme müssen unabhängig von Zusammensetzung und Trocknungsmechanismus mechanischen Belastungen ohne Absmieren oder Ablegen widerstehen können. Aus diesem Grund wurde ein Prüfverfahren gewählt, in dem der Farbfilm einem "on-line"-Festigkeitstest unterworfen wird.

Der Festigkeitstest erfolgte auf einer Leitwalze oder auf einer Querstange einer Rollenoffsetmaschine (Bild 1). Um die Festigkeit des Farbfilmes zu testen, wurde gegen die Papierbahn ein Gegenstand, im folgenden "Abschmierer" genannt, angepreßt. Er übt eine Scherbelastung auf den Farbfilm aus. Die Bahn wurde mit Vollton-testmarken gedruckt (Bild 1). Sollte der Farbfilm nicht ausreichend trocken sein, dann entsteht nach jeder Volltonfläche ein Abschmierschweif. Dieser Schweif wurde elektrooptisch nachgewiesen. Die dafür eingesetzte elektrooptische Meßanordnung besteht aus einer Linienbeleuchtung, einem optischen Meßkopf und einer elektronischen Auswerteeinheit (Bild 1). Die Messung erfolgt nach der Kontaktlinie Abschmierer - Bahn.

Diese Meßanordnung arbeitet mit einem Referenzstrahlmeßverfahren, um insbesondere den Einfluß von Umgebungslicht, Schwankungen der optischen Eigenschaften des Bedruckstoffes und der Beleuchtungsstärke sowie Verschmutzung der Optik durch Papierstaub und Drift der elektronischen Bauteile zu kompensieren. Es wird der Quotient des Meßsignales aus der verschmierten Fläche (M) durch das Signal aus der Referenzspur (R) gebildet. Dieser Vergleich wird vervollständigt durch Vergleichsmessungen beider Strahlen auf gleichen farbfreien Flächen des Bedruckstoffes. Dieser Vergleich erfolgt kurz vor der Testmarkenreihe. Die elektrooptische Abtastung erfaßt eigentlich die Abnahme der Lichtrückstreuung aus der Papierbahn, die von verschmierter Farbe verursacht wird. Wenn der Farbfilm der Belastung widersteht, kann man zwischen zwei nachfolgenden Testmarken die saubere, weiße Papieroberfläche sehen. Man hat dann eine Lichtrückstreuung von 100%.

Wenn aber der Farbfilm der Belastung nicht widerstehen kann, dann erfolgt eine Farbübertragung zu der Kontaktfläche des Abschmierers. Bei der nachfolgenden Rückübertragung zum Bedruckstoff werden die farbfreien Flächen zwischen den Volltontestmarken verschmiert. Die Lichtstreuung aus diesen Flächen wird dadurch unter 100% liegen. Diese Abnahme der Lichtrückstreuung wird "Verschmierung" genannt und mit dem Buchstaben V symbolisiert.

Trotz der Anwendung des Referenzstrahlmeßverfahrens und der Durchführung von Vergleichsmessungen kann eine Beeinflussung der einzelnen Meßwerte durch Schwankungen der optischen Eigenschaften des Papiers nicht völlig ausgeschaltet werden. Diese Schwankungen führen zu einer Streuung der Meßergebnisse, die nur durch Mittelwertbildung unterdrückt werden kann.

Die vom Farbfilm erreichte Festigkeit kann durch das Diagramm Verschmierung versus Abschmierbelastung beschrieben werden. Bei Belastungen unter einem Schwellenwert wird bei einem gegebenen Trockengrad keine Farbe vom Abschmierer aufgenommen. Unter dieser Schwelle kann also der Farbfilm der Scherbelastung widerstehen. Ab dieser Schwelle aber steigt die Verschmierung mit zunehmender Belastung.

Bild 2 zeigt als Beispiel die Meßergebnisse für eine schwarze Offsetfarbe auf saugfähigem Papier gedruckt. Obwohl jeder Punkt über 24 Einzelmessungen gemittelt wurde, sind noch immer beträchtliche Schwankungen aus dem mittleren Verlauf (hier eine Gerade) festzustellen.

Erfahrungsgemäß kann die Verschmierung auf dem Papier visuell nicht mehr erkannt werden, wenn die Abnahme der Lichtrückstreuung, also die Verschmierung kleiner als 0,1% ist. Dieser Wert wäre deshalb ein Maß für den Sollwert einer Trocknerregelung.

Um die Schwankungen unter diesen Wert zu bringen, wäre es notwendig, die Mittelwertbildung über eine wesentlich höhere

Anzahl Einzelmessungen zu erstrecken. Dies würde aber den Meßvorgang verlangsamen. Ein träges Meßgerät ist aber für Steuerungszwecke weniger geeignet.

1.3 Ziele bei der Fortführung der Entwicklungsarbeiten

Mit der in /1/ beschriebenen Anordnung konnten nur Verschmierungen von schwarzen, rußpigmentierten Druckfarben problemlos gemessen werden. Als erstes wären also Verbesserungen des elektrooptischen Nachweissystems notwendig, um Messungen in Buntfarben zu ermöglichen.

Auch eine Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses wäre nötig. Sie würde erlauben, die Anzahl von Einzelmessungen für jede Mittelwertbildung niedrig zu halten und damit das Meßverfahren schneller zu machen.

2. Verschmierungsmessungen an Buntfarben

2.1 Problemstellung

Dichtemessungen werden im Spektralbereich durchgeführt, in dem die Druckfarbe Lichtstrahlung absorbiert. Dasselbe gilt für Verschmierungsmessungen, da sie nur einen Sonderfall von Dichtemessungen darstellen.

Im "Beitrag zur Messung des Trockengrades eines gedruckten Farbfilmes an der laufenden Papierbahn" /1/ werden für das beschriebene Meßverfahren nur Beispiele von Messungen an Schwarzen gezeigt, bei denen auf Filter verzichtet wurde.

Rußpigmentierte Farben absorbieren elektromagnetische Strahlung in einem breiten Spektralbereich, der sich von dem ultravioletten über das gesamte Sichtbare bis hin zu dem infraroten Spektralbereich erstreckt. Es ist also zulässig, bei Messungen an schwarzen rußpigmentierten Farben ganz ohne Filter zu arbeiten.

Um dieses Verfahren auch an Buntfarben anzuwenden, darf man aber nur Lichtstrahlung enger Spektralbereiche benutzen, in dem die Buntfarbe eine ausreichende Lichtabsorption aufweist. Dies hat eine Schwächung des Meßsignales, insbesondere bei der Buntfarbe Gelb der Europa-Skala, zur Konsequenz. Diese Schwächung erschwert die Auswertung sehr. Es ist also notwendig, entweder einen empfindlicheren Lichtnachweis oder eine stärkere Lichtquelle anzuwenden.

2.2 Spektrale Empfindlichkeit der Meßanordnung

Die spektrale Empfindlichkeit der Meßanordnung wird im wesentlichen von dem Produkt spektrale Empfindlichkeit des Photoempfängers mal spektrale Strahldichtevertelung der Beleuchtung bestimmt. Die Beleuchtung der in /1/ beschriebenen Meßanordnung war mit einer Wolfram-Halogenglühlampe bestückt. Der Nachweis erfolgte über Silizium-Photoelemente vom Typ BPW 34 (Lieferant: Siemens).

Bild 3 zeigt die spektrale Strahldichtevertelung der Glühlampe, die spektrale Empfindlichkeit des Photoempfängers und des Produktes der beiden. Das Meßsignal aus den Photoelementen bzw. aus dem Meßkopf ist proportional zu der Fläche unter der Kurve "Spektrale Empfindlichkeit der Meßanordnung versus Wellenlänge". Buntfarben absorbieren nur Licht der Komplementär-Farbe und sind sonst im Bereich 400 nm bis 1100 nm durchlässig für elektromagnetische Strahlung.

Tabelle 1 zeigt die für den Nachweis von Buntfarben der Europa-Skala geeigneten Wellenlängenbereiche.

Tabelle 1

Buntfarbe der Europa-Skala	Lichtfarbe	Nachweis Wellenlängenbereich
Cyan	Rot	600 nm - 700 nm
Magenta	Grün	500 nm - 600 nm
Gelb	Blau	400 nm - 500 nm

Buntdruckfarbschichten sind außerhalb dieser Absorptionsbereiche durchlässig und verursachen auf einem Bedruckstoff keine nennenswerte Abnahme der Lichtstrückstrahlung (siehe Bild 4). Die Fläche unter der Kurve von Bild 3c) für diese etwa 100 nm breiten Bereiche ist aber nur ein Bruchteil der Gesamtfläche. Aus Bild 3c) ist auch festzustellen, daß bei abnehmender Wellenlänge das Meßsignal schwächer wird. In der Tat hatte man bei den Messungen mit Blau- und Infrarotfilter vor dem Objektiv des Meßkopfes eine Spannung von nur etwa 0,6 V an den Ausgängen des Meßkopfes, obwohl ohne Filtern die Sättigung (12,5 V) erreicht wurde und abgeblendet werden mußte. Selbst mit eingeschalteten IR-Filtern wurden Ausgangssignale über 6 V gemessen. Um Verschmierungen aller Buntfarben mit derselben Genauigkeit messen zu können, mußte die Wolfram-Halogenlampe durch eine andere Lichtquelle ersetzt werden, die mehr Strahlung, insbesondere vom blauen Spektralbereich, aussenden konnte. Es wurde eine Xenon-Höchstdrucklampe eingesetzt /2/.

Xenon-Höchstdrucklampen vereinen die folgenden Vorteile:

1. Die Entladungsflamme hat eine sehr kleine räumliche Ausdehnung, womit ein größerer Anteil der erzeugten Lichtstrahlung zu einer kleinen beleuchteten Fläche geführt werden kann.
2. Im sichtbaren Bereich ist die spektrale Dichteverteilung bis auf einen (erwünschten) Peak im blauen Bereich weitgehend konstant (Bild 5).

2.3 Linienbeleuchtung mit Xenon-Höchstdrucklampe

Es kam dasselbe schon bewährte Linienbeleuchtungsprinzip, das in /1/ beschrieben wurde, zur Anwendung: Licht aus einer länglichen Lichtquelle wird mittels einer Zylinderlinse fokussiert. Ein Punkt wird durch eine Zylinderlinse zu einer Linie abgebildet; auf diese Weise führt jede Schwankung der Lichtausbeute von jedem einzelnen Punkt der Lichtquelle zu einer

Schwankung, die sich gleichmäßig über die ganze Länge der beleuchteten Linien auswirkt. Damit wird der Quotient bei der Auswertung nicht beeinflusst. Die Xenon-Höchstdrucklampe konnte aber nicht direkt hinter der Zylinderlinse fest montiert werden, weil solche Lampen:

1. in vertikaler Stellung brennen müssen,
2. erschütterungsempfindlich sind.

Die Xenon-Höchstdrucklampe vom Typ XB0 150 W GS OFR (Osram) wurde erschütterungsfrei montiert, die Lichtstrahlung mittels eines Lichtleitfaserbündels bis zur Zylinderlinsen-Beleuchtungsoptik geführt, wie Bild 6 es zeigt. Das Lichtleitfaserbündel endete hier mit einem 24 mm x 0,5 mm Querschnittswandler, der wie eine längliche Lichtquelle wirkte. Es wurde ein Bündel mit ungeordneten Lichtleitfasern benutzt. Auf diese Weise wirken sich die bei Xenon-Kurzbogenlampen häufigen Sprünge der Entladungsflamme auf die gesamte Breite des Querschnittswandlers aus. Diese Gleichverteilung der Schwankungen, zusammen mit der vorher erwähnten Anwendung einer Zylinderoptik, minimalisieren jede Beeinflussung der Meßergebnisse durch Änderungen an der Entladungsflamme.

Die Strahlung aus der Entladungsflamme, mit Hilfe eines Hohlspiegels und Sammellinsen zu dem Eingang des Lichtleitfaserbündels geführt (s. Bild 6), unterwarf diese einer starken thermischen Belastung. Hinzu kam das Verkoken von Luftstaubteilchen gegen die geschliffenen Glasfaserenden. Da ein wesentlicher Anteil der Strahlung aus einer Xenon-Kurzbogenlampe im Nahinfrarot liegt (s. Bild 5), konnten diese Probleme durch Einsetzen eines infrarotabschneidenden Glasfilters vom Typ KG1 gelöst werden. In Bild 7 ist die spektrale Durchlässigkeit von Filtern vom Typ KG1 (Lieferant: Spindler & Hoyer, Göttingen) zu sehen.

Mit der vorher beschriebenen Beleuchtung ist ein problemloser Nachweis von Verschmierungen der drei Buntfarben möglich geworden. Es ist noch hinzuzufügen, daß, abgesehen von dem

Glasfilter zwischen Xenon-Höchstdrucklampe und Lichtleitfaserbündel, vor dem Objektiv des Meßkopfes ein weiteres infrarotabschneidendes Filter, und zwar ein scharfababschneidendes Interferenzfilter (Interferenz-Wärme-Reflexionsfilter, Spindler & Hoyer, Göttingen) eingesetzt wurde. Bild 8 zeigt die spektrale Durchlässigkeit dieses Filtertyps. Da weder Druckfarbe noch die Farbfilter IR-Strahlung absorbieren, ist auch der Einsatz dieses weiteren Filters notwendig. In Bild 9 ist die spektrale Durchlässigkeit der benutzten Rot-, Grün- und Blaufilter zu sehen.

Für die drei Hauptlichtfarben, d.h. für alle drei Kombinationen IR-Glasfilter plus IR-Interferenzfilter plus Lichtfarbfilter, konnte die Sättigungsspannung an den Meßkopfausgängen erreicht werden und daher mußte abgeblendet werden.

Tabelle 2 zeigt die festgestellte Remission aus Druckfarbenvolltonflächen bei Anwendung der vorher erwähnten Farbfilter, und zwar mit vorgeschaltetem Interferenzfilter. An der Xenon-Beleuchtung wurde, wie vorher erwähnt, dazu mit einem Glasfilter der IR-Anteil abgeschwächt.

Tabelle 2

Druckfarbe	<u>Remissions Volltonfläche</u> <u>Remission Papier</u>	Farbfilter, Typ
Gelb	16%	Blaufilter, Kodak 47A
Magenta	5%	Grünfilter, Kodak 58
Cyan	2%	Rotfilter, Kodak 25
Schwarz	2%	- (nur die IR-Filter)

Bild 10 zeigt als Beispiel das Ergebnis einer Messung für eine gelbe, konventionell trocknende Offsetfarbe. Zum Vergleich wird auch das Meßergebnis für eine ähnliche, jedoch rußpigmentierte Druckfarbe gezeigt.

Für die Durchführung beider Messungen wurde die Meßapparatur an eine Modell-Rollenoffsetpresse mit 20 cm Zylinderdurchmesser aber

nur 9 cm Bahnbreite montiert. Die geringe Bahnbreite erlaubte es, den Papierverbrauch in Grenzen zu halten. Auch die übrigen Messungen, die in diesem Bericht erwähnt werden, wurden an dieser Modell-Druckmaschine durchgeführt, die in /1/ genauer beschrieben wird.

Die Messungen erfolgten bei einer Bahngeschwindigkeit von 0,84 m/s. Die Farbschichtdicke auf dem Bedruckstoff betrug etwa 4 μm .

In beiden Fällen wurden die Druckfarben auf einem firnisaufnehmenden Naturpapier gedruckt. Daher ist anzunehmen, daß die Farbe bis zum Zeitpunkt der Messung vorwiegend durch Wegschlagen trocknet. Obwohl für jeden Punkt über insgesamt 24 Einzelmessungen gemittelt wurde, verursacht die optische Rauigkeit des Papiers /1/ eine beträchtliche Streuung der Meßergebnisse.

3. Genauere Betrachtung des Abschmiervorganges und daraus resultierende Möglichkeit zur Verbesserung der Meßmethode^{*)}

3.1 Meßanordnung mit Messung auf dem Papier

Mit der in /1/ beschriebenen Apparatur konnte das Trockenverhalten von rußpigmentierten Farben auf verschiedene Bedruckstoffe untersucht werden /4/. Die im vorherigen Abschnitt beschriebene Linienbeleuchtung mit einer Xenon-Höchstdrucklampe als Lichtquelle eröffnete die Möglichkeit, den Anwendungsbereich des Meßverfahrens auf Buntfarben zu erweitern.

Die Apparatur funktionierte zufriedenstellend und zeigte eine Richtung für den Entwurf einer einsatzfähigen Anordnung auf, um die Farbfilmfestigkeit auf Produktionsmaschinen "on-line" zu testen.

^{*)} Die im folgenden geschilderten Überlegungen und Meßergebnisse wurden zum größten Teil bei der 15. IARIGAI-Tagung in Norwegen, 1979 /3/ vorgetragen.

Hauptnachteil bleibt jedoch die Streuung der einzelnen Messungen von V infolge der optischen Rauigkeit des Papiers. In einer Produktionsmaschine müßte man außerdem von einer viel kleineren Breite für die Testdrucke ausgehen, was den Anteil des Rauschens aus der optischen Rauigkeit des Papiers am Meßsignal erhöht, denn eine größere Meßfläche wirkt wie ein Filter mittelwertbildend für die Schwankungen.

Um gleiche Genauigkeiten wie bei der größeren Meßfläche zu erreichen, könnte man die Anzahl N der Messungen erhöhen und den Mittelwert von V über die Auswertelektronik bilden. Da das Signal-Rausch-Verhältnis sich mit \sqrt{N} verbessert, wäre bei ausreichend hohem N immer ein zufriedenstellendes Ergebnis zu erreichen. Linear mit N wächst jedoch die Trägheit der Meßanordnung, wohingegen die Genauigkeit nur mit \sqrt{N} zunimmt.

Bevor man sich mit der Lösung der zuletzt erwähnten Schwierigkeiten befaßt, ist es notwendig, etwas genauer den Abschmiervorgang zu betrachten. Der Abschmiervorgang besteht aus zwei Teilvorgängen:

- 1) Abgabe von Farbe von der Volltonfläche an den Abschmierer
- 2) Rückübertragung der Farbe vom Abschmierer auf unbedruckte Papierflächen.

3.2 Abgabe von Farbe von der Volltonfläche an den Abschmierer

Wenn eine farbfreie Fläche gegen eine bedruckte Fläche reibt, findet bei nicht ausreichender Festigkeit des Farbfilmes eine Übertragung von Druckfarbe zu der anfangs farbfreien Fläche statt.

Larsson und Wallner /5/ haben diesen Vorgang für Zeitungsdruckfarben und -papier untersucht. Dabei benutzten sie eine Kunststoff-Fläche als Farbempfänger. Sie konnten feststellen, daß bei dem Abschmiervorgang eine wechselseitige Übertragung von Farbe auftritt. In /5/ ist für die auf den Abschmierer

übertragene Pigmentmenge q der analytische Ausdruck

$$q = N_{\infty} \left\{ K_3 L + \left(\frac{1}{K_2} - \frac{K_3}{K_1} \right) (1 - e^{-K_1 L}) \right\} \quad (1)$$

angegeben.

Dabei sind N_{∞} , K_1 , K_2 , K_3 Konstanten und L ist der Abschmierweg. Diese Gleichung hat einen linear mit L ansteigenden Anteil und einen, der mit wachsendem L exponentiell einer Sättigung zustrebt.

Nach den bisherigen, noch nicht abgeschlossenen Untersuchungen mit Offsetfarben, harten Abschmierflächen (z.B. Metall oder Glas) ist der exponentielle Anteil der Gleichung (1) maßgebend. Dies bedeutet auch, daß sich bei ausreichend großer Länge L einer Volltonfläche ein Gleichgewicht zwischen Farbabgabe an den Abschmierer und Rückübertragung zur bedruckten Fläche einstellt und somit die Farbmenge auf dem Abschmierer konstant bleibt. Die nötige Länge für solch ein Gleichgewicht liegt in der Größenordnung von 30 mm. Die Farbabgabe an den Abschmierer ist dabei ein Maß für die Festigkeit des Farbfilmes auf dem Bedruckstoff.

3.3 Rückübertragung zur unbedruckten Papierfläche

Bei den nachfolgenden Überlegungen wird angenommen, daß die Breite der Kontaktfläche zwischen Abschmierer und Papierbahn sehr klein im Vergleich zur Länge des Abschmierschweifes ist. Diese Bedingung wird vom Abschmierer erfüllt.

Betrachten wir jetzt den Rückübertragungsvorgang von dem Moment an, ab dem der Abschmierer die hintere Kante einer Volltonfläche verläßt. Auf dem Abschmierer hat sich dann die Farbmenge q_0 angesammelt. Läuft die unbedruckte Papierbahn unter Kontakt unter diesem Abschmierer durch, so wird Farbe an die Bahn abgegeben. Die anfangs vorhandene Menge q_0 nimmt als

Funktion der durchlaufenen Strecke x ab. Es verbleibt auf dem Abschwärzer $q(x)$ (siehe Bild 11). Bezeichnet man mit q_b die auf das Papier pro Flächeneinheit zurückübertragene Farbmenge, dann gilt:

$$-B \frac{dq}{dx} = q_b(x) \quad (2)$$

B ist die Breite der Kontaktfläche.

Andererseits gilt auch:

$$q_0 = \frac{1}{B} \int_0^{\infty} q_b(x) dx \quad (3a)$$

Bei den kleinen Dichten, wie sie bei Verschmierungsverfahren vorkommen, darf man annehmen, daß die Abnahme der Lichtstreuung proportional zur abgeschmierten Pigmentmenge ist. Es gilt dann:

$$(\text{Abnahme der Lichtstreuung}) = K \cdot (\text{flächenbezogene Farbmenge}) \quad (4)$$

und für die Verschmierung auf das Papier:

$$V = K \cdot q_b$$

dann resultiert der Zusammenhang

$$V(x) = -B \frac{dV_I(x)}{dx} \quad (2b)$$

mit

$$V_I(x=0) = \frac{1}{B} \int_x^{\infty} V(x) dx \quad (3b)$$

Die folgende Herleitung des Verhältnisses zwischen den beiden Größen $V(x=0)$ und $V_I(x=0)$ führt zu einem interessanten Aspekt.

Das Integral $\int_0^{\infty} V(x) dx$ liegt in derselben Größenordnung wie das

Produkt $V(x=0) \cdot x_h$.

Dabei ist x_h die sog. Halbwertlänge, d.h. für x_h muß gelten:

$$V(x=x_h) = \frac{1}{2} V(x=0) \quad (5)$$

Da nach unseren Messungen x_h in der Größenordnung von 60 mm und B etwa in der von 2 mm liegt, ergibt sich

$$V_I(x=0) \approx 30 \cdot V(x=0) \quad (6)$$

Diese Gleichung gibt den Weg an, um zu einem besseren Signal-Rausch-Verhältnis durch Signalvervielfachung zu gelangen. Gemäß den theoretischen Überlegungen wäre es vorteilhaft, an einem anderen Druckmuster z.B. nach Bild 12 zu messen. Nach der 30 mm langen Volltonfläche ist zu erwarten, daß die Farbmenge q_0 auf dem Abschmierer nahe am Sättigungswert liegt. Da der Abstand zwischen den Balken viel kleiner als x_h ist, wird praktisch die Anfangsverschmierung $V(x=0)$ gemessen. Könnte man statt V auf der Papierbahn direkt V_I am Abschmierer messen, dann wäre eine Signalverstärkung um den Faktor 30 und - bei gleichbleibendem Papierrauschen - auch eine entsprechende Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses zu erzielen. Eine solche Messung ist dann möglich, wenn man als Abschmierkörper eine durchsichtige Platte (z.B. aus Glas) benutzt, wobei (siehe Gleichung (4)):

$$V_I = K \cdot q$$

Bild 13 zeigt ein solches System.^{*)} Die Optik des Nachweises muß dabei auf die Kontaktlinie zwischen dem durchsichtigen Abschmierer und der Papierbahn fokussiert werden. Dadurch mißt man direkt die auf der Glasplatte gespeicherte Farbe mit dem weißen Papier als Hintergrund. Es wird also auf 2 mm konzentriert dieselbe Farbmenge nachgewiesen, die sich später über gut 20 cm Länge in Form eines Abschmierschweifes verteilt.

^{*)} Patent angemeldet

Die Meßanordnung nach dem in Bild 13 angedeuteten Prinzip wurde gebaut und in Betrieb genommen, wobei alle Erwartungen erfüllt wurden. Bild 14 zeigt den Meßaufbau genauer.

Die Mittelwertbildung für mehrere Messungen bleibt notwendig, weil der Abschmiervorgang selbst stochastischer Natur ist. Doch sogar bei rauen Naturpapieren genügt es, wenn sich die Mittelwertbildung über zehn bis zwanzig Drucke erstreckt.

4. Über den Mechanismus des Rückübertragungsvorganges

Zweck dieses Abschnittes ist - neben der Beschreibung des Rückübertragungsvorganges - die Herleitung allgemein gültiger Beziehungen zwischen V und V_I . Obwohl V_I am besten zu messen ist, sollte bedacht werden, daß die Beurteilung am Druckprodukt erfolgt und damit V die eigentlich interessierende Größe ist.

4.1 Modellbeschreibung des Rückübertragungsvorganges

Für die nachfolgenden Überlegungen wird nur eine einzige Hypothese bezüglich der Rückübertragung von Farbe bei gleichbleibender Belastung aufgestellt.

Diese Hypothese beruht auf der Tatsache, daß beim Rückübertragungsvorgang Farbe zuerst auf die auf der Papieroberfläche gleichmäßig verteilten Rauigkeitsspitzen übergeht. Die Wahrscheinlichkeit, daß eine Rauigkeitsspitze auf eine noch nicht gewischte Stelle trifft, ist proportional der mittleren flächenbezogenen Farbmenge q auf dem Abschmierer. Durch Übertragung dieses Gedankenganges auf die vielen vorhandenen Spitzen stellt man fest, daß die vom Abschmierer insgesamt an die laufende Bahn abgegebene Farbmenge $-dq/dx$ ebenfalls proportional der mittleren flächenbezogenen Farbmenge q sein muß. Daraus folgt:

$$- \frac{dq}{dx} = \frac{1}{x_0} \cdot q \quad (7)$$

Darin ist $\frac{1}{x_0}$ eine Proportionalitätskonstante mit der Dimension $1/\text{Länge}$.

Integriert man Gl. (7) mit der Anfangsbedingung, daß an der Stelle $x=0$ $q=q_0$ ist, so ergibt sich

$$q(x) = q_0 \cdot e^{-x/x_0} \quad (8a)$$

Durch Multiplikation mit K aus Gl. (4) erhält man:

$$V_I(x) = V_I(x=0) \cdot e^{-x/x_0} \quad (8b)$$

Gl. (8b) in Gl. (2b) eingesetzt führt zu:

$$V(x) = \frac{B}{x_0} \cdot V_I(x=0) \cdot e^{-x/x_0} \quad (9)$$

oder allgemein ausgedrückt:

$$V(x) = \frac{B}{x_0} \cdot V_I(x) \quad (10)$$

wobei man auch noch

$$V(x=0) = \frac{B}{x_0} \cdot V_I(x=0)$$

setzen kann.

Mit der Gleichung (10) ist nun auch formelmäßig der Zusammenhang zwischen der auf dem Papier gemessenen Verschmierung $V(x)$ und der integralen Verschmierung auf dem Abschwärzer hergestellt. Wie aus Gl. (8b) hervorgeht, ist x_0 die Länge, nach der der Anfangswert der Verschmierung $V_I(x=0)$ auf den e -ten Teil abgefallen ist. Da x_0 als Abfalllänge der Verschmierung viel größer als die Kontaktbreite B ist, ergibt sich für V_I eine recht hohe Verstärkung x_0/B .

Sowohl $V(x)$ als auch $V_I(x)$ fallen exponentiell ab, und zwar beide mit x_0 .

Als Prüfung für die Richtigkeit dieser Theorie genügt es, diesen Abfall nachzuweisen. Um diesen Nachweis zu erbringen, wurde der Abfall der Verschmierung hinter einer breiten Volltonfläche gemessen. Der Verlauf von $V_I(x)$ wurde mit Hilfe eines Transientenspeichers und eines x-y-Schreibers registriert. Für jede Parameterkonfiguration wurden mehrere Messungen durchgeführt, aus denen ein mittlerer Verlauf gewonnen wurde. In allen Fällen erwiesen sich die Kurven als exponentielle Abfälle. Bild 15 zeigt einen solchen Verlauf auf halblogarithmischen Koordinaten aufgetragen. Der Wert von x_0 hängt stark von der Abschmierbelastung ab. Bild 16 zeigt diese Abhängigkeit für ein mit Offsetfarbe bedrucktes Naturpapier.

4.2 Die Abhängigkeit der Integralen Verschmierung V_I über die Belastung

Die vom Farbfilm erreichte Festigkeit kann durch das Diagramm Verschmierung versus Abschmierbelastung, wie es in /1/ gezeigt wurde, oder durch das Diagramm Integrale Verschmierung versus Abschmierbelastung beschrieben werden, da die Größen V und V_I miteinander über die Gleichung

$$V = \frac{B}{x_0} V_I \quad (10)$$

verbunden sind.

Beide Diagramme beinhalten dieselbe Information. Es darf aber nicht vergessen werden, daß auch x_0 eine Funktion der Abschmierbelastung ist. Die festgestellte Abhängigkeit zwischen x_0 und der Abschmierbelastung führt, wie später gezeigt wird, zu einer großen Empfindlichkeit nah an der Abschmierschwelle.

Als Abschmierschwelle soll die vom Abschmierer ausgeübte Belastung bezeichnet werden, die gerade ausreicht, um eine Verschmierung zu verursachen. Um diese Schwelle festzustellen, ist es notwendig, sehr kleine flächenspezifische Farbmengen nachweisen zu können. Daher kann man bei der Bestimmung dieser Schwellbelastung die Möglichkeiten und Grenzen der beschriebenen Meßanordnungen am besten erkennen, insbesondere bei Verwendung optisch rauher Naturpapiere. Nach Bild 16 steigt $x_0 = x_h^{1/\ln 2}$

stark an, wenn man sich dieser Schwellbelastung nähert. Diese Tatsache zeigt den Vorteil der Messung durch den Abschwierler für die Bestimmung der Abschwierschwelle besonders deutlich, da der Verstärkungsfaktor x_0/B nach Gl. (10) ebenfalls größer wird.

Die Abschwierschwelle findet man als Schnitt mit der Achse B bzw. $V_I=0$, wenn die Verschmierungen V bzw. V_I als Funktion der Belastung aufgetragen werden.

Bild 17 zeigt als Beispiel das Ergebnis einer Meßreihe Integrale Verschmierung gegen Belastung. Es wurde an derselben Zusammensetzung rußpigmentierte Druckfarbe - Naturpapier wie in den Diagrammen der Bilder 10, 15 und 16 gemessen. Jeder Punkt wurde über 12 Einzelmessungen gemittelt; die Balken geben die Standardabweichungen der Einzelmessungen. In Bild 17 kann die Belastungsschwelle deutlich gesehen werden. Unter dieser Schwelle liegt die integrale Verschmierung dicht an dem Wert $V_I=0$. Ab dieser Schwelle aber steigt die integrale Verschmierung mit zunehmender Belastung an. Die Gegenüberstellung der Bilder 10 und 17 zeigt, daß das Messen durch einen durchsichtigen Abschwierler mit Nachweis der Farbe vor der Rückübertragung in der Tat ermöglicht, die Meßgröße über die vom Papierrauschen verursachte Streubreite zu heben.

5. Reinigung des Abschwierers vor jedem Meßvorgang. Meßergebnisse

Im vorigen Abschnitt wurde stillschweigend angenommen, daß zwischen zwei Volltontestmarkenreihen die Farbe nahezu vollständig rückübertragen wird. Die Quotientenvergleichsmessung, die auf farbfreiem Papier erfolgen muß, könnte wie vorgesehen kurz vor dem Anfang der Testmarkenreihe auf farbfreiem Papier erfolgen.

Wenn die Abschwierbelastung groß ist, reicht für die Rückübertragung eine kurze Strecke nach der letzten Testmarke. Das ist aber nicht der Fall bei niedrigen Belastungen, wie Bild 16 es zeigt.

Um eine Reinigung des Abschmierers zu sichern ist es notwendig, zwischen der letzten Testmarke und der Quotientenvergleichsmessung zusätzlich zu der Abschmierbelastung einen weiteren Anpreßdruck auf den Abschmierer auszuüben. Die benötigte Kraft müßte den folgenden Bedingungen genügen:

1. schnell ein- und ausschaltbar sein,
2. wegfrei wirksam sein (keine Massenkräfte),
3. einstellbar und regelbar sein.

Diese Bedingungen werden von der Anziehungskraft eines Magneten auf denselben Stahlhebel, auf dem der Teller für die Gewichte befestigt ist (Bild 14), erfüllt. Die Magnetanziehung erfüllt die Bedingung 1 am besten, wenn der Hebel die Magnetfeldflußschaltung schließt.

Bild 18 zeigt, an welchen Stellen des Probedruckes Magnetreinigung, Vergleichsmessung und Hauptmessung durchgeführt werden. Der Magnet wird von Steuersignalen ein- und ausgeschaltet, die von derselben digitalen Elektronik ausgesendet werden, die die Meß- und Auswertevorgänge steuert /1/. Die Magnetspeisestromschaltung von Bild 19 hat sich gut bewährt. Der Magnet wird von der Konstantstromquelle I gespeist. Der Transistor T wird als Schalter benutzt. Das Steuersignal und der damit verbundene Basisstrom bringt den Transistor zum Leiten. Solange der Sollstromwert nicht erreicht wird, legt die Stromquelle I eine Spannung auf dem Elektromagnet an, die ein vielfaches des Produktes ohmscher Widerstand mal Sollstrom ist. Auf diese Weise kann schnell der Sollstromwert erreicht werden. Beim Abschalten des Magneten wird die Energie des Magnetfeldes rasch über die Diode D_1 und den Widerstand R_1 in Wärme umgewandelt. Die Spannungsquelle V und der Widerstand R_2 liefern den Strom der notwendig ist, um das Remanenzfeld zu neutralisieren. Die Diode D_2 schützt die Spannungsquelle V während des Abschaltvorganges gegen Spannungsspitzen.

Mit dem Einbau der magnetischen Reinigungseinrichtung kann die Entwicklung des Gerätes zur "on-line"-Trockengradmessung

zunächst abgeschlossen werden.

Wegen der fehlenden Reinigung waren die Meßpunkte des Diagrammes von Bild 17 mit einem systematischen Fehler behaftet, der insbesondere in der Nähe der Abschmierschwelle kleinere Integralverschmierungen vortäuscht.

Bild 20 zeigt das Meßergebnis für die Integralverschmierung als Funktion der Abschmierbelastung mit magnetischer Reinigung. Es wurde an derselben konventionell trocknenden rußpigmentierten Offsetdruckfarbe der Diagramme der Bilder 10, 15, 16 und 17 gemessen, und zwar auf demselben Naturpapier gedruckt. Jeder Punkt wurde über 8 Einzelmessungen gemittelt. Bei Anwendung einer Quadratwurzel für die Belastung, ist ein linearer Anstieg der Verschmierung nach der Schwellbelastung zu verzeichnen. Es handelt sich um ein empirisches festgestelltes Verhalten, das mindestens von Farbfilmen, die durch Wegschlagen verfestigt sind, befolgt wird.

In Bild 21 können die Ergebnisse für eine schwarze UV-Farbe gesehen werden. Erwartungsgemäß liegt die Integralverschmierung bei eingeschaltetem UV-Trockner bei Null. Dieses Verhalten deutet nicht nur auf die Wirksamkeit der UV-Trocknung hin, sondern zeigt auch, daß systematische, verfahrens- oder maßanordnungsbedingte Fehler weitgehend ausgeschaltet wurden: Sie hätten zu Meßwerten geführt, die sich wesentlich von Null unterschieden hätten.

6. Messungen mit Infrarottrocknung *)

6.1 Allgemeines

Die Trockengradmeßanordnung wurde bisher versuchsweise zur Untersuchung der mechanischen Festigkeit von konventionell- und IR-trocknenden Druckfarbenfilmen eingesetzt.

*) Die in diesem Abschnitt geschilderten Meßergebnisse wurden zum größten Teil bei der VDD-Tagung von 1979 /6/ bekanntgegeben.

Anlaß für diese Untersuchungen sind die Äußerungen von Druckfarbenherstellern, nach denen die Infrarottrocknung auch in Rotationsmaschinen mit Vorteil angewendet werden könnte. Da bei Infraroterwärmung im Prinzip die gewünschte Bahntemperatur mit verhältnismäßig kurzen Trockenstrecken zu erreichen ist, wäre die Länge der Trocknerstrecke kein begrenzender Faktor mehr für die Maschinengeschwindigkeit.

Für die Vergleiche eignen sich am besten die Geraden, die in den Diagrammen Integralverschmierung versus Wurzel der Belastung das Abschmierverhalten des Farbfilmes charakterisieren: Je trockener der Farbfilm ist, desto höher ist die Abschmierschwelle und die Gerade liegt näher an der Achse $V_I=0$.

6.2 Meßbedingungen

Auch bei dieser Messung wurde die Meßanordnung an der Modell-Rollenoffsetpresse montiert. Es wurde mit einer Bahngeschwindigkeit von 0,84 m/s gearbeitet. Die Wahl dieser Geschwindigkeit basierte auf der Erfahrung, daß der Abschmiervorgang nahezu unabhängig von der Bahngeschwindigkeit ist /1/.

Bei dieser Geschwindigkeit erfolgt die Messung etwa 3 sec nach dem Druckvorgang bzw. 0,5 sec nach dem Austritt aus dem Trockner.

Die Farben wurden auf Natur- und auf gestrichenem Papier gedruckt. Da in dem kurzen Zeitintervall zwischen Druck bzw. Trocknerdurchlauf und Abriebtest das Wegschlagen zwangsläufig eine ausschlaggebende Rolle spielt, wird auch die Ölaufnahmefähigkeit des Papiers angegeben (Tabelle 3).

Tabelle 3

Aufgenommene Farbmenge:

Naturpapier	3,7 mg
gestrichenes Papier	1,2 mg

(Im Cobb-Unger-Test beträgt die Absorptionsfläche 100 cm²)

Es wurden Messungen an Infrarot-Druckfarben verschiedener Hersteller durchgeführt, und zwar sowohl Buntfarben der Europa-Skala wie auch rußpigmentierte Farben. Zum Vergleich werden auch Meßergebnisse einer konventionell- und einer UV-trocknenden Farbe gezeigt.

Es wurden, je nach Empfehlung des Farbherstellers, kurzwellige oder mittelwellige Strahler zur Trocknung angewendet. Die Temperatur an der Prüfstelle wurde um 42,5°C gehalten, auch hier wurden die Empfehlungen der Hersteller befolgt. Die Bahntemperatur konnte mittels eines Infrarotthermometers berührungslos gemessen werden.

6.3 Meßergebnisse an Naturpapier

Es wurde mit einer Schichtdicke um die 4 µm gedruckt. Die Farbschichtdicke konnte mittels eines Auflichtdensitometers kontrolliert werden. 4 µm Farbschichtdicke entspricht je nach Farbe den folgenden Dichtewerten (Tabelle 4).

Tabelle 4
Farbschichtdicke: 4 µm
Naturpapier

Farbe:	Dichte:
Schwarz	1,35
Cyan	1,30
Magenta	1,25
Gelb	1,05

Densitometer: Macbeth RD-100

Die Bilder 22, 23, 24 und 25 zeigen die Meßergebnisse.

Im Bild 22, das die Meßergebnisse für gelbe Druckfarbe zweier verschiedener Hersteller zeigt, kann man sehen, daß die IR-Bestrahlung nicht immer zu einer Erhöhung der Schwellenbelastung führt, sondern oft umgekehrt. Die Integralverschmierung steigt sogar nach der Bestrahlung. Dieses Verhalten kann

auch für die anderen Buntfarben und Schwarz festgestellt werden, wie die folgenden Bilder es zeigen.

Die Ergebnisse für Cyan sind ähnlich zu denen für Gelb (Bild 23).

Für Magenta ist der Anstieg der Integralverschmierung nach der Schwellenbelastung viel höher als bei Gelb und Cyan (Bild 24). Sie neigen also merklich stärker zum Schmieren.

In dem Bild 25 mit den Meßergebnissen für schwarze, rußpigmentierte IR-Farben wurden auch die Meßergebnisse für konventionell- und UV-trocknende Farben eingeschlossen.

Man kann feststellen, daß die Meßergebnisse für die konventionelle Farbe sich kaum von denen für IR-Farben unterscheiden. Andererseits und überraschenderweise zeigt die UV-Farbe selbst ohne UV-Trocknung ein wesentlich günstigeres Verhalten als die getesteten IR-Farben.

Eine plausible Erklärung für diesen Effekt ist, daß UV-Farben verhältnismäßig viel Wischwasser aufnehmen. Ohne dispergiertes Wasser zeigen UV-Farben eine hohe Konsistenz: ungenügende Wischwassermenge führt oft zum Rupfen. Kurz nach dem Druck wird das dispergierte Wischwasser bevorzugt von den Papierfasern aufgenommen und hinterläßt dabei einen wasserarmen konsistenten Farbfilm. Man hätte also ein differenziertes Wegschlagen.

Dieser Effekt ist für alle Offsetfarben bekannt, scheint aber für UV-Farben besonders ausgeprägt zu sein. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß eine starke Wasseraufnahme der Farbe auch Nachteile mit sich bringen kann, z.B. bei der Einstellung des Wasser-Farbe Gleichgewichtes /7/.

Von den erprobten infrarottrocknenden Farben lieferten die Produkte B und C die günstigsten Meßergebnisse. Alle Farben trocknen bis zum Zeitpunkt der Messung hauptsächlich durch

Wegschlagen; bei diesen Farben scheint die Abstimmung vom Firnis zu den Erfordernissen der IR-Trocknung gut gelungen zu sein. Nach Auskunft der Hersteller sollten die dünnflüssigen Anteile der Produkte B und C bei Infrarotbestrahlung besonders schnell in die Papierporen eindringen; der an der Oberfläche zurückgelassene zähere Anteil würde einen widerstandsfähigen Farbfilm bilden.

6.4 Meßergebnisse an gestrichenem Papier

Alle Versuche zeigten, daß die getesteten IR-Farben wegen der geringeren Saugfähigkeit gestrichener Papiere selbst bei der kleinsten einstellbaren Belastung schon zum Abschmieren neigen. Die Versuche wurden mit Farbschichtdicken um etwa $1,3 \mu$ durchgeführt, dies entspricht bei Schwarz einer Dichte um 1,8. Die Tatsache, daß alle Farben ein extrem schlechtes Abschmierverhalten zeigten, bestätigte die Vermutung, daß in der kurzen Zeitspanne vor der Messung die Farben nur durch Wegschlagen trocknen.

Es muß aber betont werden, daß selbst wenn die Farben bei sehr kleinen Scherbelastungen zum Abschmieren neigen, diese offensichtlich wohl in der Lage sind, wesentlich höheren Druckbelastungen im Stapel einer Bogenmaschine ohne abzulegen zu widerstehen.

Bei infrarottrocknenden Farben führt die Erwärmung zu einer Beschleunigung der oxydativen Vernetzung und einem stärkeren Wegschlagen. Eine solche Wirkung wäre im Prinzip an jeder oxydativtrocknenden Offset- bzw. Hochdruckfarbe zu erwarten. Andererseits führt die Erwärmung zu einer unerwünschten Abnahme der Zähigkeit des Farbfilmes mit der Konsequenz, daß der Farbfilm keinesfalls widerstandsfähiger gegen Abriebbelastungen wird. Dies bedeutet also, daß IR-Farben in Rollendruckmaschinen nur zum Bedrucken von Naturpapieren in Frage kämen, wobei zwar praktisch keine Abnahme des Verschmierens am Falztrichter und anderen Teilen des Falzapparates zu erwarten wären; die frisch bedruckten Hefte würden aber schneller nachtrocknen.

Eine wesentliche Verbesserung wird erreicht, wenn die Papierbahn einer stärkeren IR-Bestrahlung unterworfen wird, um sie später zu einer Zwischentemperatur abzukühlen. In /1/ ist schon über dieses Trocknungsverfahren berichtet worden. Nach der Umstellung der Meßanordnung zum direkten Nachweis an dem Abschwärzer wurde das Trocknungsverfahren "IR-Bestrahlung + Kühlung" mit einer wesentlich höheren Auflösung noch einmal untersucht:

Die Infrarotstrahlung wurde soweit erhöht, daß die Bahn ohne Kühlung an der Meßstelle eine Temperatur von 60°C erreichte. Noch höhere Temperaturen können auf Naturpapier nur mit einem größeren Aufwand erreicht werden, weil bei 60°C das Papier anfängt Feuchtigkeit freizusetzen. Luftjets, die zwischen Strahler und Meßstelle angeordnet wurden, kühlten die Bahn bis auf 35°C ab. Das heißt, man hatte ein Wegschlagen wie bei einer Erwärmung auf 60°C , begleitet von einer Erweichung, die nur 35°C entspricht. Bild 26 zeigt das Ergebnis für eine schwarze Farbe.

Die obenerwähnte Trocknungsanordnung erinnert an das Trocknen von Heat Set Farben. Es handelt sich hier aber hauptsächlich um eine begrenzte Verbesserung des Wegschlagens. Die Ver-netzung erfolgt bei 35°C allerdings schneller als bei Zimmertemperatur. Die vorher geschilderte Möglichkeit, d.h. IR-Erwärmung und Rückkühlung, wäre also nur bei Naturpapier einzusetzen und deshalb kein Ersatz für Heat Set Farben. Andererseits wäre der Trocknungsaufwand beträchtlich niedriger als bei den üblichen Heißlufttrocknern und die Trocknungsstrecke, einschließlich Kühlung, könnte verhältnismäßig kurz bleiben. Zum Vergleich, eine UV-Farbe (Bild 21), d.h. eine echte strahlungstrocknende Farbe, widersteht bis an die Bahnrißgrenze jeder Scherbelastung ohne abzuschmieren.

7. Bewertung des entwickelten Meßverfahrens

In /1/ wurde ein Verfahren zur Messung des Trockengrades auf der laufenden Bahn beschrieben. Bei Anwendung einer verbesserten Beleuchtung (mit Höchstdrucklampe) konnte es auch an Buntfarben angewendet werden.

Bei diesem Verfahren wird die bedruckte Bahn einer Abriebbelastung unterworfen. Die dabei entstandene Verschmierung des Druckes wurde kurz nachher elektrooptisch nachgewiesen. Es galt, die Auflösung dieses Verfahrens zu verbessern; wegen des geringen Störsignalabstandes mußte über eine große Anzahl von Einzelmessungen gemittelt werden. Sie führte zu einer unerwünschten Meßträgheit. Die Empfindlichkeit und Auflösung des in /1/ beschriebenen Verfahrens konnte dadurch um ein vielfaches erhöht werden, daß die abgeriebene Farbe direkt an der Kontaktfläche des Abschmierers mit der bedruckten Bahn nachgewiesen wurde. Die Messung an der Kontaktfläche erfolgt durch den Abschmierer, der durchsichtig sein muß. Durch diese Verbesserungen in bezug auf Empfindlichkeit und Auflösung wird das Meßverfahren wesentlich schneller. Die Meßträgheit wird auf ein durchaus erträgliches Maß herabgesetzt, d.h. die Einschwingzeit (etwa 10 bis 100 Drucken entsprechend) wird größenordnungsmäßig kleiner als die Einstellzeiten von Druckwerk und Trockenaggregat.

Da der Abschmiervorgang stochastischer Natur ist, bleibt es noch immer notwendig, wie vorher erwähnt, über mehrere Einzelmessungen Mittelwerte zu ziehen. Da zeigt sich die Tatsache, daß die bisher verwendete digitale Auswerteelektronik ziemlich langsam ist, nachteilig für die Meßgeschwindigkeit. Daher kann nicht an allen Drucken gemessen werden; bei 5 m/s Bahngeschwindigkeit bestenfalls an jedem zehnten. Es wäre also notwendig, eine neue schnellere Auswerteelektronik zu bauen. Ein optimaler Kompromiß zwischen Genauigkeit, Geschwindigkeit und Preis wäre z.B. eine hybride Auswertungseinheit, in der die Quotientenbildung analog durchgeführt würde, die Differenzen aber durch digitale Schaltungen. Die Mittelwertbildung könnte über ein analoges Dämpfungsglied erfolgen.

Wichtig wäre auch, direkt auf dem Druckbild messen und damit auf Testmarken verzichten zu können, denn die Anwendung von Testmarkenspuren führt zu einer Abnahme des Nutzungsgrades des Bedruckstoffes.

Eine Verschmierung des Exemplares infolge von Trockengradmessung ist zulässig solange die Verschmierung für das unbewaffnete Auge nicht sichtbar bleibt.

Die Erfahrung zeigt, daß die Sichtbarkeitsschwelle für Verschmierungen davon abhängig ist:

1. welche Pigmentierung die Druckfarbe aufweist,
2. auf welchem Bedruckstoff die Farbe verschmiert wird.

Zu 1. Verschmierungen schwarzer Farbe werden besonders gut wahrgenommen. Verschmierungen von Buntfarben sind aber im Vergleich weniger sichtbar, dies gilt insbesondere, wenn es sich um gelbe Farbe handelt.

Zu 2. Auf rauhe Bedruckstoffe wie z.B. Naturpapier wird die Farbe nur zu wenigen Rauigkeitsspitzen zurückübertragen. Zwischen diesen Spitzen, die stark eingefärbt werden, und dem farbfreien Umfeld gibt es einen Kontrast, der die Wahrnehmungsschwelle der Verschmierung herabsetzt. Der umgekehrte Effekt ist auf weniger rauhen Bedruckstoffen festzustellen.

Nach bisheriger Erfahrung, selbst bei der ungünstigen Kombination Bedruckstoff-Druckfarbe, solange:

$$V < 0,1\%$$

ist für das unbewaffnete menschliche Auge die Verschmierung nicht wahrzunehmen.

Nach Gleichung (10) gilt:

$$V_I = \frac{x_0}{B} V$$

wobei B in der Größenordnung von 2 mm liegt (vergl. dazu Bild 11) und x_0 auch nach der bisherigen Erfahrung

$$x_0 > 5 \text{ cm}$$

ist. Es gilt also:

$$V_I > 25 \cdot V$$

und für $V = 0,1\%$ wäre $V_I = 2,5\%$. Dieser letzte Wert liegt aber deutlich über der Störsignalgrenze. Es bestände also die Möglichkeit, die Trockengradmeßanordnung zu Trocknerregelungszwecken anzuwenden, wobei direkt an dem Druckbild gemessen wurde und mit dem Sollwert für die integrale Verschmierung:

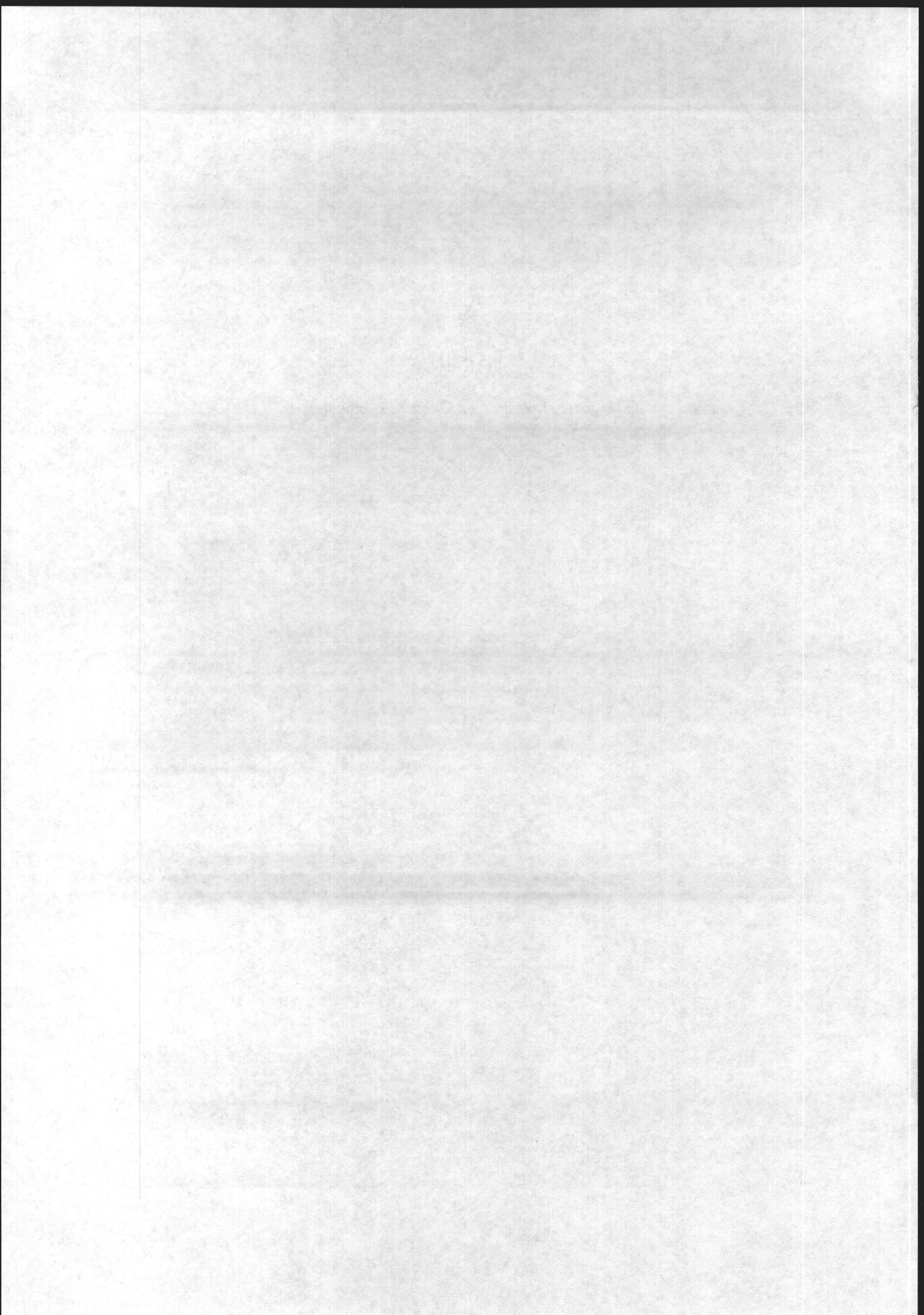
$$V_I \text{ (Sollwert)} \leq 2,5\%$$

Im zweiten Teil dieses Abschlußberichtes wird über die folgenden noch verbleibenden und zum Teil hier skizzierten Aufgaben berichtet:

- I. Bau und Test einer schnellen hybriden Auswerteelektronik
- II. Erprobung der Meßanordnung (einschließlich der schnellen Auswerteelektronik) an einer Produktions-Rollenoffsetmaschine
- III. Messungen auf dem Druckbild und zwar unter Produktionsbedingungen.

Teil II

G. Hübner, J. Rodriguez-Giles, K. R. Scheuter



1. Beschreibung der neueren Auswerteelektronik

Der Nachweis erfolgt bei der im Teil I behandelten Methode zwischen den Volltontestmarken, wie es in Bild 18 gezeigt wird. Eine genaue Beschreibung des elektrooptischen Meßverfahrens und der elektronischen Auswertung ist in /1/ zu finden, und zwar in Abschnitt 6.4 "Abtastung und Auswertung von Dr. Celio". Da die integrale Verschmierung (bzw. die Verschmierung /1/) als eine prozentuale Abnahme der Lichtrückstreuung aus dem Bedruckstoff definiert wird, welche von der Farbe an der Kontaktfläche des Abschmierers verursacht wird, war es von Vorteil, zugleich eine Referenzmessung an einer Spur neben den Testmarken durchzuführen. Die Integralverschmierung V_I wird gegeben durch /1/:

$$V_I = 100\% - M/R$$

wo M und R Signale sind, die der Lichtrückstreuung aus der Meßspur (d.h. den Flächen zwischen den Testmarken) und aus der Referenzspur proportional sind. Beide Signale werden von dem optischen Meßkopf geliefert.

Da sowohl die stochastische Natur des Abschmierprozesses wie auch die optische Rauigkeit des Papiers zu beträchtlichen Schwankungen führen würden, mußte über einen gesamten Testdruck gemittelt werden (siehe Bild 18).

Verschiedene Drift- und Verschmutzungseffekte zwangen schließlich dazu, die vorher erwähnte Messung mit einer weiteren, und zwar auf der sauberen Papieroberfläche zu vergleichen. Die Integralverschmierung konnte dann wie folgt berechnet werden:

$$V_I = \frac{Q_0 - Q}{Q_0}$$

Der Quotient $Q = \frac{M}{R}$ stellt den gemittelten Meßwert auf der Meßspur dar, während der Quotient Q_0 , der vor dem Druck gemessen wurde, die vorher erwähnte Vergleichsmessung zu Q darstellt.

Die bisher angewendete digitale Auswerteelektronik bildete zusammen mit einem optischen Meßkopf und einer Linienbeleuchtung eine Meßanordnung, die vom Ingenieurbüro Dott. Ing. T. Celio (CH-6775 Ambri TI) angefertigt und geliefert wurde /1/. Nachteilig an dieser Auswerteelektronik ist, daß sie die Berechnung über eine Taschenrechnerzentraleinheit durchführt, die verhältnismäßig langsam ist. Bei Taschenrechnerzentraleinheiten ist die Eingabe langsam und zwar aus der Notwendigkeit, Fehler durch Prellkontakte der Tastatur zu vermeiden. Bei der vorläufig maximal vorgesehenen Maschinengeschwindigkeit (5 m/s) könnte nur etwa jeder zehnte Druck ausgewertet werden. Daher lohnt es sich nicht, diese digitale Auswerteelektronik weiter zu entwickeln. Es galt deshalb, diese Auswerteelektronik unter Beibehaltung des optischen Meßkopfes durch eine besser geeignete zu ersetzen. Die vorgesehenen Verbesserungen sollten eine Kompensation der Maschinengeschwindigkeit und eine Mittelwertbildung über mehrere Drucke ermöglichen. Als Ersatz für die digitale Auswertung wurde eine hybride Auswertung gebaut mit dem Ziel, ein Optimum an Geschwindigkeit, Einfachheit und Preis zu erzielen. Bild 27 zeigt ein schematisches Blockschaltbild der neuen Auswerteelektronik. Eine erste Analogschaltung verarbeitet die Eingangsspannungen aus dem Meßkopf zu einem Signal, das proportional zu dem Mittelwert des Quotienten Meßsignal durch Referenzsignal ist, und zwar über alle farbfreien Strecken eines Testdruckes (für Q) bzw. über die gesamte Länge der Vergleichsmessung (für Q_0) gemittelt. Ähnlich wie bei der früheren digitalen Schaltung (siehe /1/) werden zur Mittelwertbildung integrierende Schaltungen, dieses Mal allerdings analoge Schaltungen angewendet. Die Geschwindigkeitskompensation erfolgt über Halbleiterschalter, die geschwindigkeitsunabhängig für die Bahnlängeneinheit in einer vorbestimmten Zeit die Signale durchlassen. Auf diese Weise sind die Integrale beider Signale unabhängig von der Maschinengeschwindigkeit. Sonst wären die Integrationszeiten bei niedrigeren Geschwindigkeiten größer als bei höheren und daher könnten die Schaltungen unter optimalen Bedingungen, also mit dem Ausgangssignal nahe der Sätti-

gungsspannung, nur bei der niedrigsten Druckgeschwindigkeit arbeiten. Wegen der nachfolgenden Operationen beeinträchtigt eine mäßige Offsetdrift oder eine Verstärkungsdrift der analogen Schaltungsteile die Genauigkeit der Auswertung nur geringfügig.

Bei der nächsten Operation ist dagegen für die Differenzbildung $Q_0 - Q$ eine große Stabilität notwendig, weil Q_0 und Q in den praxisbezogenen Fällen fast den gleichen Wert zeigen, d.h. die für V_I maßgebende Differenz zwischen beiden ist sehr klein. Außerdem werden Q_0 und Q zu verschiedenen Zeitpunkten gemessen und müssen ohne Drift bereitgehalten werden: Hier kommen also die Vorteile digitaler Schaltungen voll zur Geltung. Die angewendete digitale Schaltung behält den Endwert des Quotienten Q_0 nach der Vergleichsmessung vor dem Testdruck (siehe Bild 18) in zwei getrennten Speichern. Nach der Messung auf dem Testdruck wird in einem der Speicher Q von Q_0 subtrahiert. Diese Schaltung liefert also für die zweite Quotientenbildung die jeweils letzten Werte von $Q_0 - Q$ und Q_0 .

Es muß noch einmal betont werden, daß die Genauigkeit mit der die Operation $Q_0 - Q$ durchgeführt wird, für die genaue Berechnung von V_I maßgebend ist.

Die letzte Anlogschaltung bildet wieder einen Quotienten. Die Ausgangsspannung ist 1V/% Integralverschmierung. Es können Integralverschmierungen zwischen 0 und 10% (Vollausschlag) gemessen werden. Dem Quotientenbildner wird ein aktives RC-Dämpfungsglied nachgeschaltet, das eine niedrige Ausgangsimpedanz aufweist.

Die vorher geschilderten Meß- und Berechnungsvorgänge werden durch eine Reihe von Signalen gesteuert, die von einem weiteren Teil der Auswerteelektronik, der Steuerungselektronik, geliefert werden. Diese Steuerungselektronik liefert außerdem das Spannungssignal, mit dem der Reinigungsmagnet eingeschaltet wird.

Als Grundlage für alle diese Signale dienen Volltonmarken, die an beiden Seiten der Meß- und Referenzspur gedruckt werden. Auch diese beiden Steuerspuren werden von dem Meßkopf erfaßt /1/.

1.1 Steuersignale

In Bild 28 wird der benutzte Testdruck gezeigt mit den von der neuen Elektronik verlangten Steuermarken. Unter der Abbildung des Testdruckes ist der Verlauf der Steuersignale zu sehen. Zweck und Bedeutung einiger dieser Signale wird erst bei genauerer Beschreibung des Auswertungsvorganges klar verständlich.

Beim Abtasten der Steuermarken liefert der Meßkopf den aufgedruckten Steuermarken entsprechende Spannungssignale an die Elektronik, welche daraus durch Abzählen und Vergleichen mit der Vorwahl die Signale: EICHEN (Vergleichsmessung), MESSEN (Hauptmessung) und MAGNET (der Reinigungsmagnet wird ausgeschaltet) gewinnt.

Anfang und Dauer dieser Steuersignale wird mit 5 Paaren von zweistelligen Vorwahlschaltern (BCD-Switches) festgelegt, indem die Anzahl der Steuermarken für die jeweilige Funktion an der Außenseite des Gehäuses eingestellt wird.

Den in Bild 28 beispielsweise gezeigten Signalabläufen entsprechen folgende Schalterstellungen

EICH-Beginn	}	Anzahl der Marken Spur 1	03
EICH-Ende		(Vergleichsmessung, Q_0)	06
MESS-Beginn	}	Anzahl der Marken Spur 2	00
MESS-Ende		(Hauptmessung, Q)	03
MAGNET-Ende		Anzahl der Marken Spur 1	03

Es ist keine Vorwahl für den Beginn der Reinigungs-(MAGNET)-periode vorhanden, so daß dieser Vorgang immer mit der 1. Marke der Spur 1 beginnt.

Innerhalb der Peaks der Impulse EICHEN und MESSEN werden die Photosignale der Meß- und Referenzspur aufintegriert. Um die

Integrationsdauer unabhängig von der Drehzahl der Maschine zu machen, wird der Zwischenraum zwischen zwei Steuermarken in mehrere gleiche Teile geteilt und pro Teil beispielsweise während ca. 4 μ s lang integriert. Die Unterteilung führt der Drehwinkelgeber aus, der je Winkelgrad einen kurzen Puls abgibt. Entspricht z.B. der Abstand zweier Marken 20 Winkelgraden der Umdrehung einer Papierleitwalze, wird 20 mal während je 4 ms integriert. Diese geschwindigkeitsunabhängige Einstellung der Integrationszeit ist über die zur Zeit höchsten Maschinenlaufgeschwindigkeiten einhaltbar. Diese kurzen Integrationsbefehle gibt das Signal INTG. Da die Integration einer Mittelwertbildung entspricht, ist sie umso genauer je länger integriert wird. Deshalb erfolgt der Zugriff erst am Ende der EICH- bzw. MESS-Periode (in denen die Vergleichs- bzw. Hauptmessung erfolgt) mit dem Signal COUNT (Bild 29), welches eine Anweisung an die Digitalschaltung zum Registrieren der Größe des Quotientensignals Q bzw. Q_0 ist. Am Ende der Eichperiode werden noch vor dem COUNT-Signal die Speicherinhalte, die die Werte für $Q_0 - Q$ und Q_0 enthalten, durch den Impuls LATCH an sog. Latches (Puffereinheiten) weitergegeben, und durch RESET-B gelöscht, um Platz für den nächsten Wert während des COUNT-Signals zu haben. Die Nullstellung der Integratoren erfolgt mittels des RESET-Signales an den Enden der Meß- und Eichperiode. Als wichtige Signale werden noch die Impulse benötigt, die die Speicher zum Speichern (VORWÄRTS-zählen) oder Subtrahieren (RÜCKWÄRTS-zählen) umsteuern.

1.2 Erster analoger Teil: Integrationsschaltung, Geschwindigkeitskompensation. Erste Quotientenbildung

Die Meß- und Referenzspur, Photoelemente und Vorverstärker im Meßkopf liefern ständig Spannungssignale zwischen 0V ($\hat{=}$ totale Dunkelheit) und 10V (Sättigung bei 12V) an die Auswertelektronik, an deren Gehäuse sich zwei kleine Meßinstrumente befinden, wo die Eingangsspannungen qualitativ abgelesen werden können. Das Spannungssignal ist proportional der Lichtmenge, die das Papier durch die Glasscheibe remittiert. Das Steuersignal

INTG schließt im geeigneten Moment zwei Schalter, die die Verbindung zu den beiden Integratoren (Operationsverstärker mit Kondensatoren in der Gegenkopplung) herstellen. Es werden nun unabhängig von der Bahngeschwindigkeit die beiden Photosignale getrennt aufintegriert (s. in Bild 28, $\int M$ und $\int R$). Es ist dabei darauf zu achten, daß die Integratoren nicht innerhalb der Integrationszeit bis an ihren Vollanschlag laufen; man muß also ggfs. die Integrationszeit verkürzen. Nach jeder EICH- bzw. MESS-Periode werden die Werte der Integrale durch Entladen der Integrationskondensatoren auf Null gestellt (RESET). Aus $\int M$ und $\int R$ wird nun ständig der Quotient Q gebildet. (Ganz am Anfang eines Integrationsvorganges liefert der analoge Quotientenbildner erratische Werte, die den nicht definierten Quotienten $0/0$ entsprechen.)

Je länger die Integrationszeit, desto genauer sind die Integralbeträge und desto größer die Genauigkeit des Quotienten $\int M$ und $\int R$ als Meßergebnis. Es interessiert also jeweils nur der Wert des Quotienten zu Ende der EICH- bzw. MESS-Periode.

1.3 Digitale Berechnung von $Q_0 - Q$ - Bereitstellung von $Q_0 - Q$ und Q_0 für die zweite Quotientenbildung

Der Wert des Quotienten wird an einen Analog-Digital-Umwandler (ADC, Analog Digital Converter) gegeben, dessen Hauptbestandteil ein Spannungs-Frequenz-Umwandler (VCO, Voltage Controlled Oszillator) ist. Dieser VCO erzeugt eine Rechteckspannung, deren Frequenz proportional zur Eingangsspannung, hier zum Betrag des Quotienten, ist. Es sollen jetzt für die Berechnung von

$$V_I = \frac{Q_0 - Q}{Q_0} \cdot 100(\%)$$

$Q_0 - Q$ und Q_0 bereitgestellt werden.

Q_0 ist aber der Wert des Quotienten am Ende der Eichperiode und ist zeitlich früher vorhanden als der eigentliche Meßwert Q . Daher ist es notwendig, wie vorher angedeutet diesen Wert

Q_0 kurz zu speichern. Diese Speicherung geschieht zweifach in zwei verschiedenen Zählereinheiten. Durch den ersten Impuls von COUNT am Ende der EICH-Periode erhalten nun beide Zähler eine Anzahl von Impulsen der Rechteckwelle aus dem VCO (Bild 29). Beide Zählerinhalte sind nun eine Zahl, deren Größe dem Betrag von Q_0 entspricht, womit der Nenner des Bruches zur Berechnung von V_I bereits existiert. Die Differenz im Zähler wird durch einfaches Umsteuern einer der beiden Zählereinheiten erzeugt. Die Impulse VORWÄRTS bzw. RÜCKWÄRTS veranlassen die eine Zählereinheit zum Rückwärtszählen während die andere nun während des zweiten Impulses von COUNT am Ende der Meßperiode gesperrt bleibt und somit weiterhin Q_0 enthält. Beim Rückwärtszählen während eines gleichlangen COUNT-Impulses wird der Inhalt des einen Zählers um eine Zahl zurückgestellt, die zu dem Wert von Q am Ende von MESSEN proportional ist. Nach dem Rückwärtszählen ist $Q_0 - Q$ der Inhalt dieses Zählers. Noch bevor der nächste COUNT Befehl erfolgt, werden nun die Differenz $Q_0 - Q$ und der Nenner Q_0 an getrennte Latches (Puffereinheiten) weitergegeben und der Zählerstand gelöscht (RESET-B). Die Latches speichern den eingegebenen Zahlenwert im Binärcode so lange bis ihnen der nächste Wert eingegeben wird. Für beide Latches stehen Digital-Analog-Umwandler (DAC, Digital-Analog-Converter) zur Verfügung, die die digitalen Werte von $Q_0 - Q$ und Q_0 wieder in eine Analogspannung verwandeln.

1.4 Zweiter analoger Teil: Bildung des Quotienten $Q_0 - Q / Q_0$ und Dämpfungsglied

Die aus den beiden DACs gewonnenen Analogspannungen werden nun in einem weiteren analogen Quotientenbildner dividiert, was den Wert der Verschmierung V_I ergibt. Dieser Wert ist aber noch Schwankungen unterworfen, und zwar hauptsächlich wegen der stochastischen Natur des Abschmierprozesses, aber auch wegen der optischen Rauigkeit des Papieres und der Quantisierung. Mit Hilfe eines Dämpfungsgliedes (RC-Wert ≈ 7 sec) wird er "geglättet", was im Prinzip einer Mittelwertbildung gleichkommt. Entsprechend

verstärkt ergibt sich nun an der Anzeige eine Spannung von 0 bis 10V ($10V \approx 10\%$ Verschmierung).

Eine häufige Ursache von Ungenauigkeiten in elektrischen Schaltungen ist die Drift (z.B. durch Temperaturveränderung) der einzelnen Halbleiterelemente oder sonstiger Bausteine. Dieser Effekt beeinflusst im analogen Teil der vorliegenden Anordnung, wie schon früher gesagt, das Ausgangssignal kaum: Der ständige Vergleich der Meß- und Referenzspur sowie die jedem Meßwert vorausgehende Eichung kompensieren jeden Einfluß der Verstärkungsdrift, indem sowohl im Nenner als auch im Zähler der Quotienten der gleiche "Driftfaktor" auftauchen würde, sich also herauskürzen würde.

Eine Offsetdrift wird bei der Bildung von $Q_0 - Q$ auch herausgekürzt. Nur eine ungewöhnlich hohe, durch Funktionsfehler bedingte Drift könnte über Q_0 bei der letzten Quotientenbildung zu Auswertungsfehlern führen.

Im digitalen Teil spielt die Drift keine Rolle, dagegen entsteht hier ein prinzipieller Fehler durch die Quantisierung von Q und Q_0 .

Die Differenz $Q_0 - Q$ wird mit 8 bit dargestellt. Der Quantisierungsfehler bei der letzten Stelle liegt also im Mittel bei

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2^8} = \frac{1}{2 \cdot 256} \approx 2 \cdot 10^{-3}$$

des maximalen Wertes von $Q_0 - Q$.

Alle anderen digitalen Bausteine arbeiten mit einer höheren Genauigkeit.

Mögliche Fehlerquellen ergeben sich weiterhin bei den DACs, wo ungenaue Nullpunktjustierung und eine gewisse Nichtlinearität unvermeidbar sind. Der Dividiererbaustein hat laut Datenblatt einen Fehler von $2 \cdot 10^{-3}$ vom Vollausschlag (Vollausschlag $\approx V_I = 10\%$). Der Gesamtfehler nach der Glättung im Dämpfungsglied

darf demnach kleiner als 0,1% Integralverschmierung geschätzt werden. Der maximale relative Fehler wäre dann bei Vollausschlag

$$0,1\% / 10\% = 0,01$$

2. Test der Auswerteelektronik

Die Auswerteelektronik wurde zuerst an einem Simulator erprobt. Dieser Simulator, der ebenfalls vom Ingenieurbüro Dott.ing. T. Celio geliefert wurde, ersetzt die Bahn durch ein angetriebenes Rad, auf dem das gewünschte "Druckbild" aufgemalt bzw. befestigt wird. Dieser Aufbau liefert bei jeder Umdrehung sich wiederholende Meß- und Steuersignale und vermeidet unnötigen Papierverbrauch.

Dieser Test wurde dann durch Versuche an der Modell-Druckmaschine vervollständigt.

2.1 Test mit dem Simulator

Da dieser Aufbau keinen Abschmierer enthielt (Bild 30), wurde damit in erster Linie die Steuerungselektronik geprüft; hierzu war an der Radachse mittels einer elastischen Kupplung auch der Drehwinkelgeber angeschlossen. Nach einiger Erprobungsdauer konnte man davon ausgehen, daß die Steuerung richtig arbeitet, jedoch war man noch nicht in der Lage, eine endgültige Aussage darüber zu machen, ob das Ausgangssignal tatsächlich einer simulierten Verschmierung entspräche. Der Einfluß der Wolkigkeit des Papiers, der hier zwangsläufig ebenfalls ständig wiederholt wurde, konnte nicht durch Mittelwertbildung unterdrückt werden. Die endgültige Funktionstüchtigkeit kann somit nur an der bedruckten, laufenden Papierbahn festgestellt werden.

2.2 Test an der Modell-Druckmaschine bei Anwendung von UV-trocknender Farbe

Die Meßanordnung wurde in ihrem mechanischen Aufbau an die Betriebs- und Platzbedingungen einer Produktionsmaschine angepaßt.

Die Meßanordnung (Bild 31) sollte auf zwei Traversen gestützt werden, um an einer beliebigen Stelle quer zur Bahn messen zu können. Auch der Abschwärzer und der Reinigungsmagnet wurde an die neuen Meßbedingungen angepaßt (vergl. Bild 31 mit Bild 14).

Mittels einer Behelfskonstruktion konnte die bereits für die endgültige Erprobung an einer Produktions-Rollenoffsetmaschine bestimmte komplette Versuchsanordnung im IDD an der Probe-Druckmaschine installiert werden.

Es handelt sich dabei um dieselbe Modell-Druckmaschine, die bei den früheren Versuchen benutzt wurde. In /1/ wird sie genauer beschrieben. Bei dieser Modell-Druckmaschine ist im Anschluß an das Druckwerk Platz für eine Trockenstrecke vorgesehen, auf der für diese Versuche ein UV-Trockner (Original Hanau Q 6719 mit einer Gesamtleistung von 6,7 kW) montiert wurde. Die maximale Strahlungsleistung im UV liegt bei 366, 313 und 254 nm. Die Leistung über die UV-Bereiche ist wie folgt verteilt:

UV-A (400-315 nm)	8,6%)	} der Gesamtleistung
UV-B (315-280 nm)	10,1%)	
UV-C (<280 nm)	11,2%)	

Wegen der geringen Breite der Papierbahn wurde der UV-Strahler längs der Bahn angebracht. Auf diese Weise konnte eine für die Trocknung mit absoluter Sicherheit ausreichende UV-Strahlung verabreicht werden. Die Bestrahlungsstärke wurde durch Abdecken der Papierbahn mit Metallplättchen auf den gewünschten Wert eingestellt.

Das indirekte Hochdruckverfahren ist für die Modellmaschine das unproblematischste Druckverfahren, trotzdem entsteht durch das indirekte Drucken aber eine große Ähnlichkeit mit den Bedingungen beim Offsetdruck, dem später wohl hauptsächlich Anwendungsgebiet. Es wurde dazu eine geeignete Druckform hergestellt, wobei ein von dem bei der Beschreibung der Elektronik zugrunde gelegten Linienraster etwas abweichendes Druckbild gewählt wurde (Bild 32).

Nachdem die ersten Messungen noch keine befriedigenden Ergebnisse brachten, wurden die notwendigen Verbesserungen bzw. Veränderungen der Anordnung vorgenommen, um insbesondere den folgenden Effekt zu unterdrücken. Einzelne Unregelmäßigkeiten der Farbfilm- bzw. Papieroberfläche führten zum zeitweiligen Abheben des nur unter geringer Gewichtskraft aufliegenden Abschmierers. Dieses Abheben führte sowohl zu Lesefehlern beim Erkennen der Steuermarken als auch bei der elektrooptischen Messung selbst.

Es wurde eine zusätzliche Anstellvorrichtung angebracht, bei der eine Anstellschraube über eine Gummifeder das Abheben des Abschmierers verhindert (Bild 31). Diese Zusatzeinrichtung hat keinen Einfluß auf die Abschmierbelastung.

Mit diesen Veränderungen wurden nun sowohl bei Naturpapier als auch bei gestrichenem Papier brauchbare Meßergebnisse erzielt. Ein x-t-Schreiber war an den Ausgang der Elektronik zur Registrierung von V_I angeschlossen.

Bei allen Messungen wurde schwarze UV-trocknende Farbe benutzt. Durch die Vorwahl an den BCD-Vorwahlschaltern:

EICH-Beginn:	02)	
EICH-Ende:	03)	Marken Spur 1
MESS-Beginn:	00)	
MESS-Ende:	01)	Marken Spur 2
MAGNET-Ende:	02		Marken Spur 1

war die Abfolge der durch die Marken gesteuerten Vorgänge festgelegt (vergl. Bild 32).

Die im IDD durchgeführten Messungen sollten nun die endgültige Funktionstüchtigkeit der Anordnung aufzeigen. Dazu wurde die starke UV-Trockenanlage benutzt, um sicher zu gehen, ein stets trockenes Druckprodukt zu erhalten. Bei einwandfrei funktionierender Elektronik (der optische Meßkopf wurde ja schon früher benutzt /1/, /3/, /4/), muß die Anzeige dann mit geringfügigen

Schwankungen 0% betragen. Sobald aber bei schwächerer UV-Exposition oder extremer Farbschichtdicke Verschmierungen auftreten, müssen sie störungsfrei und zuverlässig angezeigt werden.

a) Ergebnisse mit gestrichenem Papier

Solange die Schichtdicke des Druckes nicht zu groß war, wurde der Farbfilm durch die UV-Strahlung bei voller Leistung vollständig getrocknet. Wie zu erwarten, ist dann die Anzeige des Verschmierungsgrades V_I eine mit max. $\pm 0,2\%$ um die Nulllinie schwankende Kurve (Bild 33). Die Schwankungen lassen sich auf die ungleichmäßigen optischen Eigenschaften des Papieres ("Papierrauschen") zurückführen. Bei zwei verschiedenen Druckgeschwindigkeiten von 0,27 m/s (Bild 33) und 0,84 m/s (Bild 34) wurde jeweils die gleiche Meßreihe durch Auflegen unterschiedlicher Gewichte mit steigender Abschmierlast durchgeführt.

Bei der Messung mit erhöhter Geschwindigkeit (Bild 34) läßt sich ein leichtes Anwachsen der Verschmierung bei hoher Abschmierlast beobachten. Jedoch steigen die Werte nur bis an die 0,4% Linie. Diese Verschmierung ist visuell nicht erkennbar, da die Sichtbarkeitsgrenze bei $V_I = 2,5\%$ liegt. Die kürzere Verweildauer in der Trocknerstrecke dürfte mit verantwortlich für die nicht ganz vollständige Durchhärtung des Farbfilmes sein.

Bei optischen Dichten über 1,7 war bei den Messungen auf gestrichenem Papier ein erhebliches Ansteigen der Verschmierung festzustellen (Bild 35). Anscheinend konnte die Farbe aufgrund ihrer großen Schichtdicke jetzt nicht vollständig trocknen. Bei sehr hohen Dichten (über 1,8) stieg der Verschmierungsgrad auf Werte über 12%, womit die Anordnung am Vollanschlag angekommen war. Diese Verhaltensweise der Farbe wird verständlich wenn man die Abhängigkeit der Dichte von der Schichtdicke betrachtet (Bild 36). UV-Schwarzfarben weisen nur einen geringen Anteil an Ruß auf, so daß im Gegensatz zu den konventionellen Rußfarben zur Erzielung einer vergleichbaren Dichte eine höhere Schichtdicke notwendig ist. Nach Erreichen des Vollausschlages wurde der Heber im Farbwerk der Modell-Druckmaschine

ganz abgestellt, so daß die Schichtdicke und damit die Dichte langsam abnahm. Der Verlauf der Verschmierung V_I spiegelt diesen Vorgang wider, wobei am Ende die Farbe wieder weitgehend getrocknet war.

b) Ergebnisse mit Naturpapier

An Naturpapier wurden ähnliche Messungen wie an gestrichenem Papier durchgeführt. Auch hier war bei nicht zu hoher Schichtdicke eine Durchhärtung der Farbe festzustellen, was die Schriebe von Bild 37 und 38 verdeutlichen. Die höhere optische Rauigkeit des Naturpapiers macht sich in größeren Schwankungen $\pm 0,4\%$ um die Nulllinie bemerkbar /1/. Die Schwankungen sind betragsgemäß etwa doppelt so groß und sind häufiger als bei gestrichenem Papier, wo der Verlauf wesentlich glatter ist. Man kann feststellen, daß bei Naturpapier auch bei hohen Belastungen kein merkliches Ansteigen der Verschmierung auftritt (vergl. die Bilder 24 und 38), wie es bei gestrichenem Papier der Fall ist. Da die Versuchsbedingungen vergleichbar sind, ist diese Erscheinung der verstärkten Trocknung durch Wegschlagen bei Naturpapier zuzuordnen.

c) Bewertung der vorherigen Messungen

Alles in allem waren die bisherigen Ergebnisse im Einklang mit früheren Untersuchungen /1/, /3/, /4/ und bestätigen diese.

Der Zweck der Messungen im IDD (Prüfung der Funktionsfähigkeit) war somit erfüllt. Man konnte jetzt davon ausgehen, daß das Gerät einwandfrei arbeitete.

Es galt nun, durch Versuche an einer Produktions-Druckmaschine unter den üblichen Betriebsbedingungen festzustellen, ob das Gerät auch für noch größere Geschwindigkeiten (bis über 5 m/s) tauglich ist. Weiterhin war es sehr wichtig zu wissen, ob die Funktion durch Vibrationen, wie sie an einer schnell laufenden Druckmaschine unvermeidlich sind, beeinträchtigt wird.

3. Erprobung der Meßanordnung an einer Produktions-Druckmaschine

Die Erprobung erfolgte an einer Druckmaschine vom Typ A-202, die von der Herstellerfirma Albert-Frankenthal AG für die Versuche zur Verfügung gestellt wurde.

Es handelte sich um eine Vierfarben-Rollenoffsetmaschine, die nach dem Prinzip "Gummituch gegen Gummituch" arbeitet. Der Plattenzylinderdurchmesser beträgt 200 mm und die maximale Druckgeschwindigkeit 36000 Zylinderumdrehungen entsprechend einer Bahngeschwindigkeit von $v_{\max} \approx 6\text{m/s}$.

Die Messungen wurden mit schwarzer Heat-Set-Druckfarbe bei Heißlufttrocknung durchgeführt. Nach Durchlaufen eines Heißluftstrahlofens wurde die Bahn in einem Kühlwalzenaggregat auf Raumtemperatur zurückgebracht. Mittels eines Infrarotthermometers konnte die Bahntemperatur kurz nach dem Trockenofen (zwischen Ofen und Kühlwalzen) gemessen werden.

Die Meßanordnung wurde zwischen Kühlaggregat und Falztrichter montiert (Bild 39). An dieser Stelle ist der Farbtrocknungs- und Farbverfestigungsvorgang durch die Rückkühlung auf Raumtemperatur vervollständigt worden. Es wurde nur mit dem letzten der 4 Druckwerke gearbeitet. Das verwendete Linienraster hat 18 Marken auf Spur 1 und 10 der Anzahl der Farbbalken entsprechend auf Spur 2 (Bild 28).

Die BCD Vorwahlschalter standen auf folgenden Werten:

MAGNET	00 - 09
EICHEN	11 - 17
MESSEN	00 - 09

I. Variation der Belastung

Bei einer konstanten Geschwindigkeit der Druckmaschine von 10000 U/min wurden zwei Meßreihen an Naturpapier durchgeführt. Die gemittelte optische Dichte von jeweils 3 Probeexemplaren

pro Belastung ist ebenfalls in der folgenden Tabelle aufgezeigt.

1. Reihe:	Belastung $\left(\frac{N}{cm^2}\right)$	V_I (%)	D
	0,036	0,21	1,46
	0,15	0,21	1,41
	0,3	0,36	1,3
	0,6	0,42	1,34
	1,2	0,57	1,44
	2,3	0,66	1,39
	4,6	0,63	1,44
2. Reihe:	0,073	0,1	1,47
	0,15	0,2	1,34
	0,15	0,3	1,4
	0,3	0,4	1,43
	0,6	0,42	1,31
	1,2	0,74	1,36
	2,3	0,82	1,43
	4,6	0,62	1,3

Bild 40 zeigt das aus der Tabelle ermittelte Schaubild. Die Belastung ist auf einer Quadratwurzelskala aufgetragen, wie sie in früheren Untersuchungen /1/, /3/, /4/ bereits verwendet wurde, weil sich bei dieser Darstellungsweise für Naturpapier eine Gerade ergab. Der Wert von V_I ist durch Anlegen einer Ausgleichsgeraden im Schrieb ermittelt worden. Für die Meßwerte sind die angenommenen Fehlerbandbreiten eingezeichnet. Für kleine Belastungen (bis $1,2 \frac{N}{cm^2}$) steigt V_I linear an. Die Abweichungen von der Linearität bei hohen Belastungen könnten deshalb auf Schichtdickenschwankungen oder sich entlang der Papierbahn änderndes Wegschlagverhalten für Firnis bzw. Farbe zurückgeführt werden.

II. Variation der Bahngeschwindigkeit

Die Verweildauer der Bahn im Trockenofen ist ein entscheidendes Kriterium für die Härtung der Druckfarbe. Die Steigerung der

Bahngeschwindigkeit verkürzt die Verweilzeit des Papieres in der Trockenstrecke und hat dadurch ein Ansteigen von V_I zur Folge (Bilder 41, 42, 43).

Die Bahntemperatur am Trocknerausgang war bei den Messungen mit Naturpapier nahezu konstant und betrug ca. 125°C . Bei gestrichenem Papier verzeichnete die Bahn bei steigender Maschinengeschwindigkeit einen Temperaturabfall von 90°C zu Beginn des Schriebes (Bild 43) bis auf 75°C am Ende. Der Einfluß der Schichtdicke wurde nicht berücksichtigt. Es zeigt sich jedoch, daß beim Regulieren der Geschwindigkeit die Farbzufuhr am Farbwerk angeglichen werden muß. So ist beispielsweise auf Bild 42 ganz rechts bei Abfall der Geschwindigkeit ein starker Anstieg der Verschmierung zu beobachten, da noch zuviel Farbe im Farbwerk vorhanden war und somit die Schichtdicke zeitweilig sehr groß wurde. Bei diesen drei Versuchen stieg die Verschmierung in den sichtbaren Bereich ($V_I > 2,5\%$), d.h. die Trocknerleistung hätte den erhöhten Geschwindigkeiten angepaßt werden müssen, um ein "trockenes" Druckprodukt zu erhalten, das Belastungen in der ausgeübten Größenordnung überstehen kann.

III. Bewertung der Versuche

Es zeigt sich, daß die Anordnung in der Lage ist, unter Produktionsbedingungen zu arbeiten. Sie genügte den Anforderungen hinsichtlich Unempfindlichkeit gegenüber Schwingungen und Erschütterungen und arbeitete auch bei hohen Geschwindigkeiten zufriedenstellend.

4. Ausblick und Zusammenfassung

Als nächster Schritt der Versuche mit dem Trockengradmeßgerät ist nun ein Messen mit verändertem Druckmuster geplant. Das Druckbild ist so modifiziert, daß ein zeitschriftenähnlicher Text mit Bildern die Volltonfläche ersetzt. Dabei sammelt sich auf dem Abschwärzer beim Überstreichen des Textes Farbe, die im weißen, ca. 5 cm breiten Zwischenraum zum nächsten, darauffolgenden Druckbild als Abschwärzerschweif an das Papier rück-

übertragen wird. In diesem freien Zwischenraum erfolgt dann die Messung, Reinigung und Eichung, wobei das Meßergebnis im Prinzip durch einen Vergleich von Anfangsverschmierung und Verschmierung gegen Ende des Abschmierschweifes entsteht. Die Steuerung der Vorgänge geschieht mittels im Druckbild integrierter Steuermarken.

Die Glasplatte müßte so geteilt werden, daß keine Berührung entlang dieser Spur stattfindet. Schließlich wäre es sinnvoll, nur im Kanalspalt (ca. 13 mm) zu messen, was einen Verzicht auf die Reinigungsphase bedingen würde. Einen Wegfall der Reinigung könnte man dann evtl. durch Einfügen einer dünnen, durchsichtigen und verschiebbaren Kunststoff-folie zwischen Abschmierer und Papierbahn erreichen.

Zweck dieser Versuche wäre es, direkt auf dem Druckbild den Festigkeitstest durchzuführen. Es dürften allerdings nur solche Abschmierbelastungen ausgeübt werden, die Integralverschmierungen merklich kleiner als 2,5% verursachen, um mit Sicherheit sichtbare Beschädigungen, d.h. Makulatur zu vermeiden.

So wäre es möglich, ohne wertvolles Papier mit Testmarken zu vergeuden und ohne Schädigung des Druckproduktes die Farbtrocknung zu überwachen. Die Steuerung des Meßvorganges müßte durch einen synchron zum Plattenzylinder laufenden Drehgeber erfolgen, damit die Steuermarken wegfallen könnten.

Es hat sich im Laufe der Arbeit gezeigt, daß die Entwicklung eines Trockengradmeßgerätes auf diese Weise sinnvoll und erfolgversprechend ist. Die Untersuchungen waren ein folgerichtiger Schritt und haben die früheren Ergebnisse und Veröffentlichungen voll bestätigt. Das in /1/ gesteckte Fernziel, nämlich die "on-line"-Regelung von Trocknern, scheint erreichbar. Eine solche Regelung würde erlauben, mit einer auf das nötigste verminderten Trocknerleistung und minimaler Bahntemperatur zu arbeiten, und zwar ohne die Gefahr von

Qualitätsverlusten durch Verschmierung des Druckproduktes. Allerdings werden zwischen der vorliegenden Meßanordnung und einem für den Produktionsbetrieb tauglichen Gerät noch einige Entwicklungsschritte notwendig sein.

L I T E R A T U R

- /1/ M. Glück, J. Rodriguez-Giles: "Beitrag zur Messung des Trockengrades eines gedruckten Farbfilmes an der laufenden Papierbahn", Institutsbericht 1/1979, Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren der Technischen Hochschule Darmstadt
- /2/ H. Albrecht u.a.: "Optische Strahlungsquellen", Herausgeber: Dr.-Ing. Wilfried J. Barz, Technische Akademie Eßlingen, Lexica-Verlag, 7031 Grafenau 1/Württ., 1977
- /3/ M. Glück, J. Rodriguez-Giles: "Measurement of Ink Drying Rate on a Running Web", vorgetragen bei der "15. Internationalen Conference of Printing Institutes", Norwegen, Juni 1979
- /4/ M. Glück, J. Rodriguez-Giles: "Measurement of Ink Drying Rate on a Running Web", IARIGAI-Symposium "Web-Press Instrumentation and Automation" 1. und 2. Juni 1978, Otaniemi, Finnland
- /5/ L.O. Larsson, E. Wallner: "The Mechanism of Rubb-off from a Printed Surface" in Recent Developements in Graphic Arts Research (Proceedings of the Tenth International Conference of Printing Research Institutes held in Krems, Austria, 1969). Herausgeber: W.H. Banks, Pergamon Press, Oxford, 1971 S. 321-360
- /6/ J. Rodriguez-G.: "Trocknungsgradbestimmung an einer laufenden Papierbahn", Druckfarbe und Bedruckstoff. Herausgeber: Verein Deutscher Druckingenieure e.V. (VDD-Jahrestagung am 28.9.1979) S. 81-100
- /7/ S. Karttunen, U. Lindquist: "Water Glow and Surfactant Effects in Offset Litho Printing", vorgetragen bei der 15. Int. Conf. of Printing Inst., Norwegen, Juni 1979
- /8/ G.E. Carlsson, L. Josefsson: "Influence of Ink Rub-Off on the Quality of Halftone Illustrations in Newspaper Printing" in Advances in Printing Science and Technology (Vol 3) (Proceedings of the Seventh International Conference of Printing Institutes held in London 1963). Herausgeber: W.H. Banks, Pergamon Press, Oxford, 1964 S. 327-346

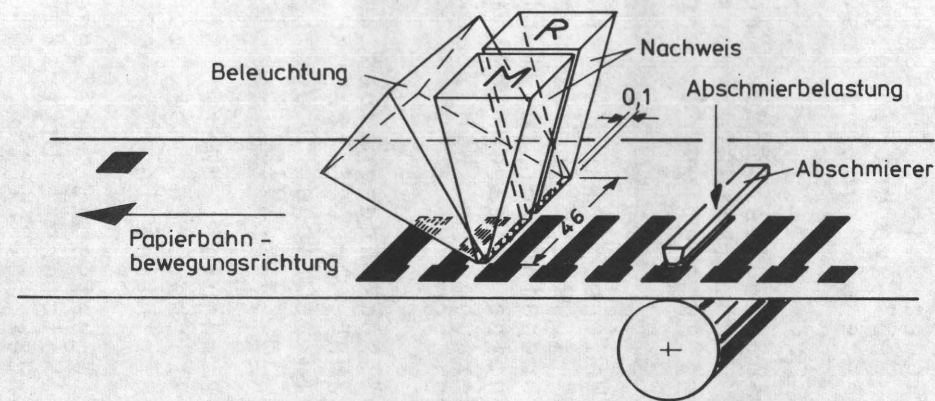


Bild 1 Schematische Darstellung des Meßverfahrens.
Die außerhalb des Meß- und Referenzfeldes gedruckten
Marken dienen zur Steuerung des Meßvorganges.

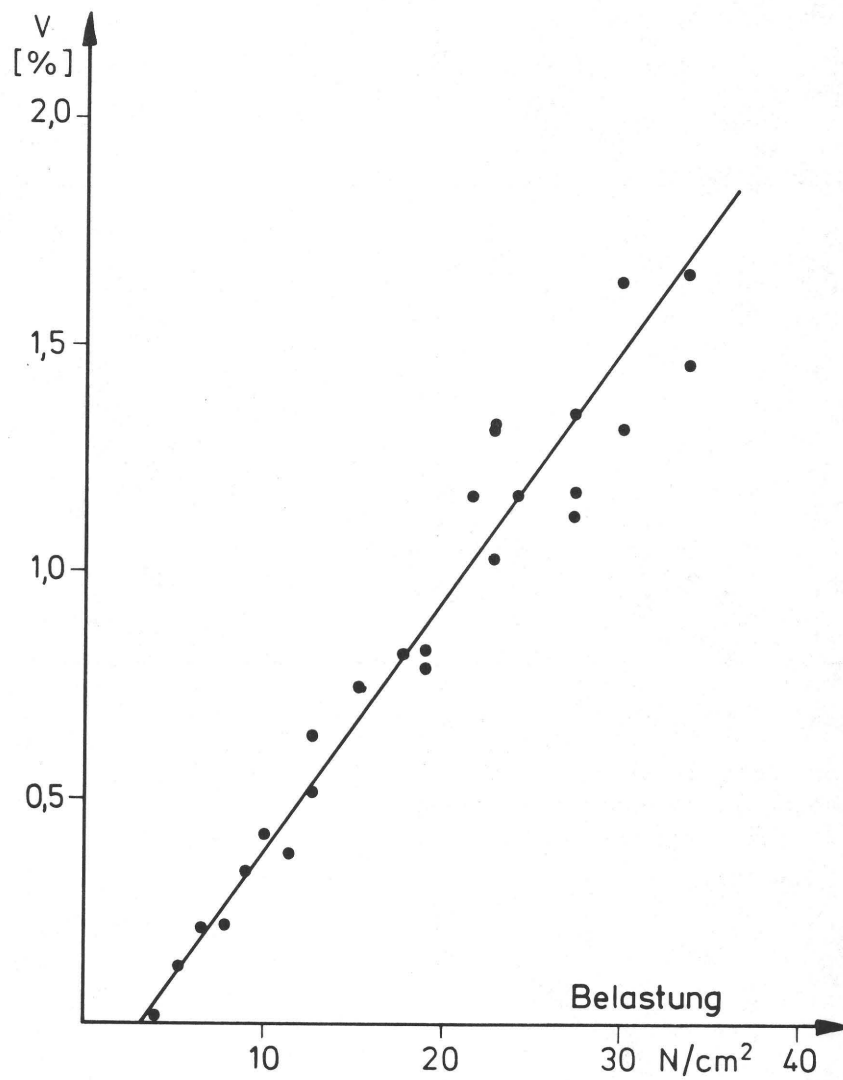


Bild 2 Verschmierung als Funktion der Abschmierbelastung.
Für die Trocknung ist das Wegschlagen maßgebend.

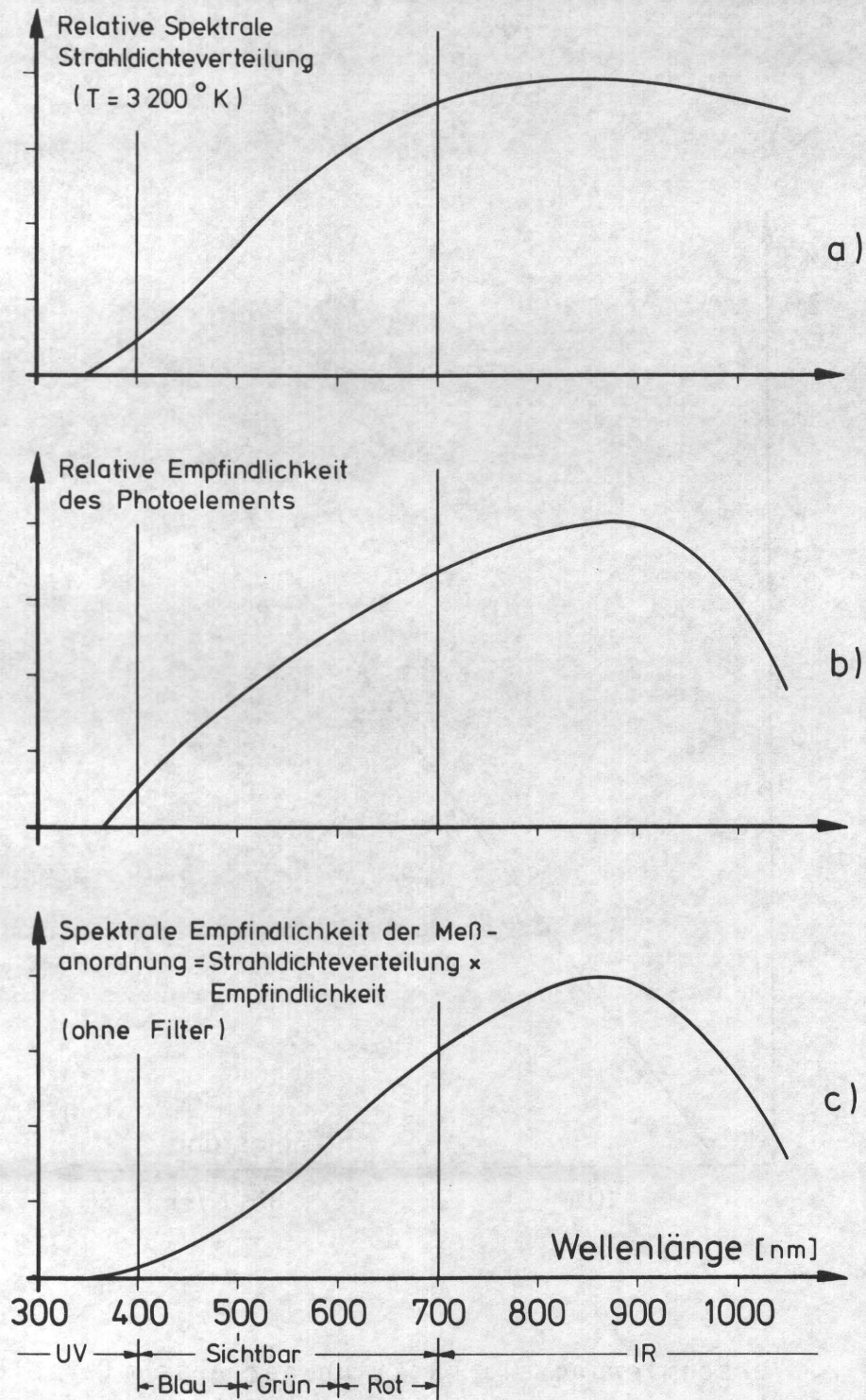


Bild 3 Spektrale Strahldichte-
verteilung der Halogen-Wolfram-
Glühlampe der Beleuchtung, spektrale Empfindlichkeit
der Photoelemente (Typ BPW 34) des optischen Meß-
kopfes und spektrale Empfindlichkeit der gesamten
Meßanordnung

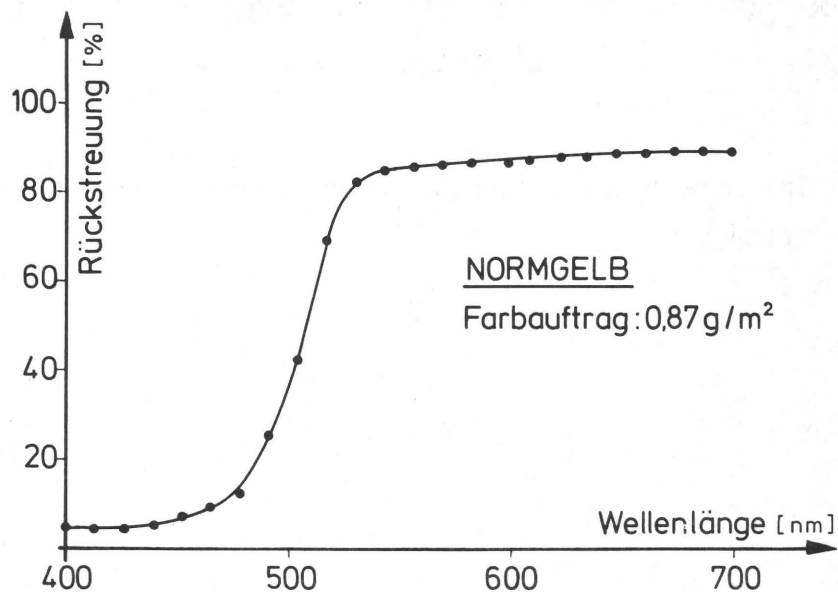
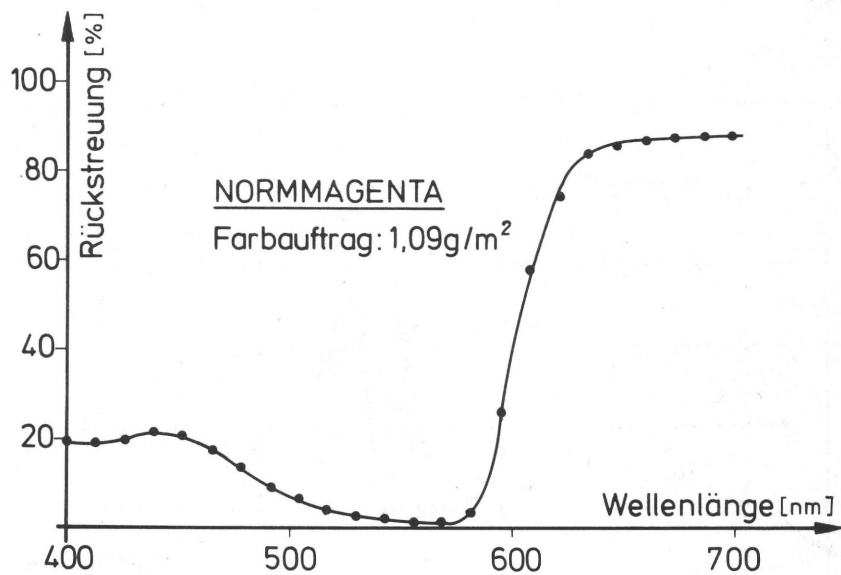
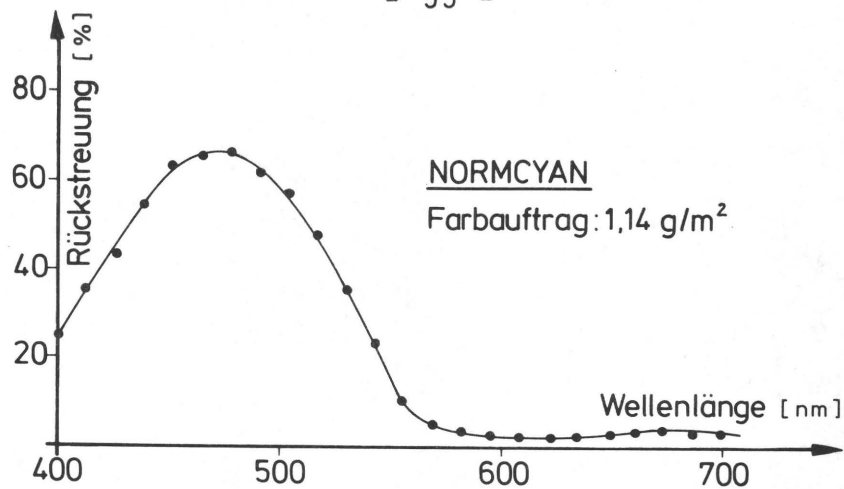


Bild 4 Remissionskurven der drei Buntfarben nach DIN 16.539 für Offset auf Normkunstdruckpapier gemessen.

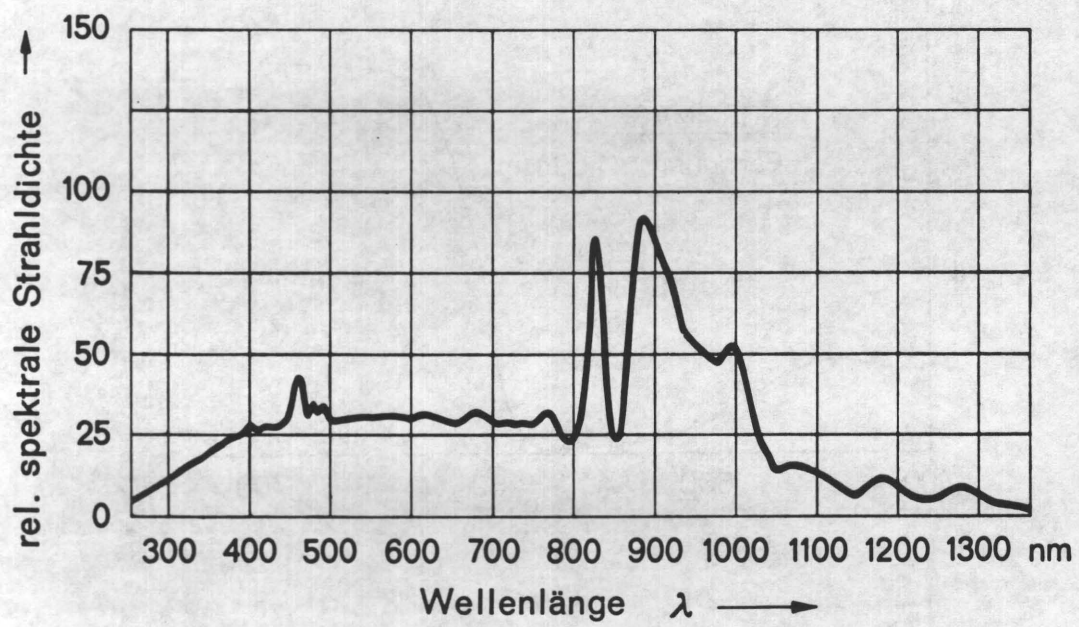


Bild 5 Spektrale Strahldichteverteilung einer Xe-Höchst-drucklampe

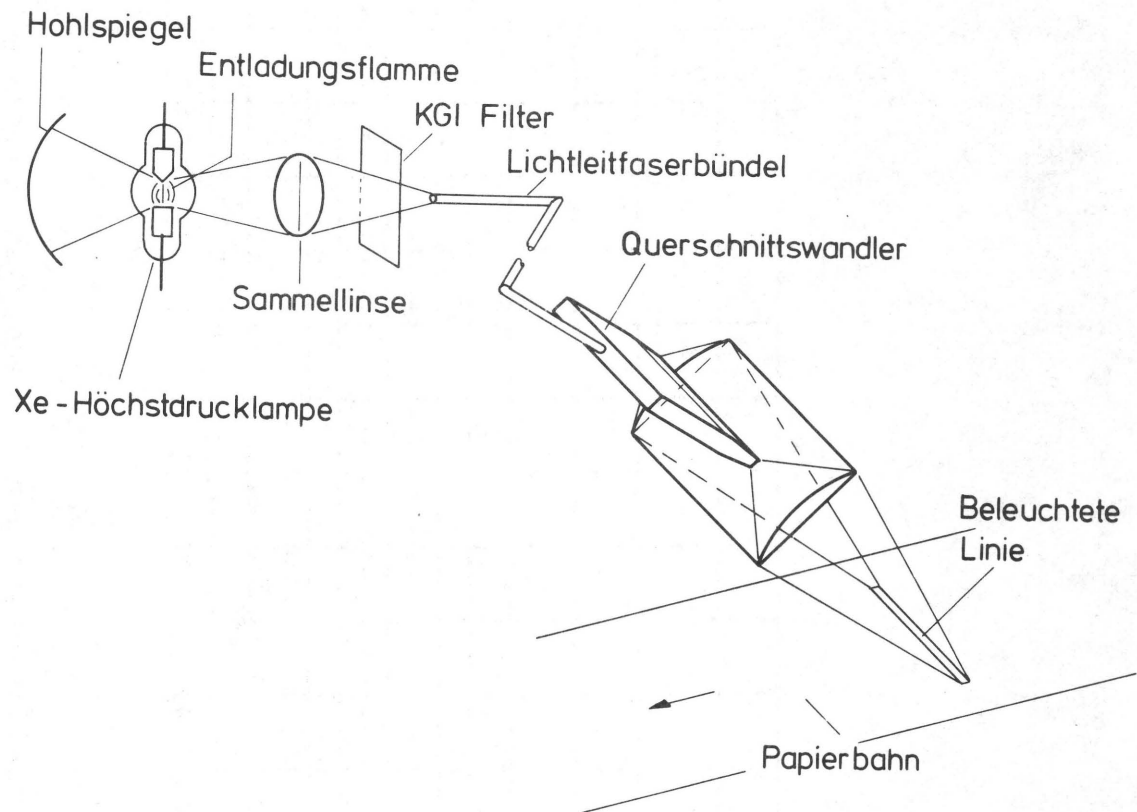


Bild 6 Schema der Linienbeleuchtung mit einer Xe-Höchst-
drucklampe als Lichtquelle

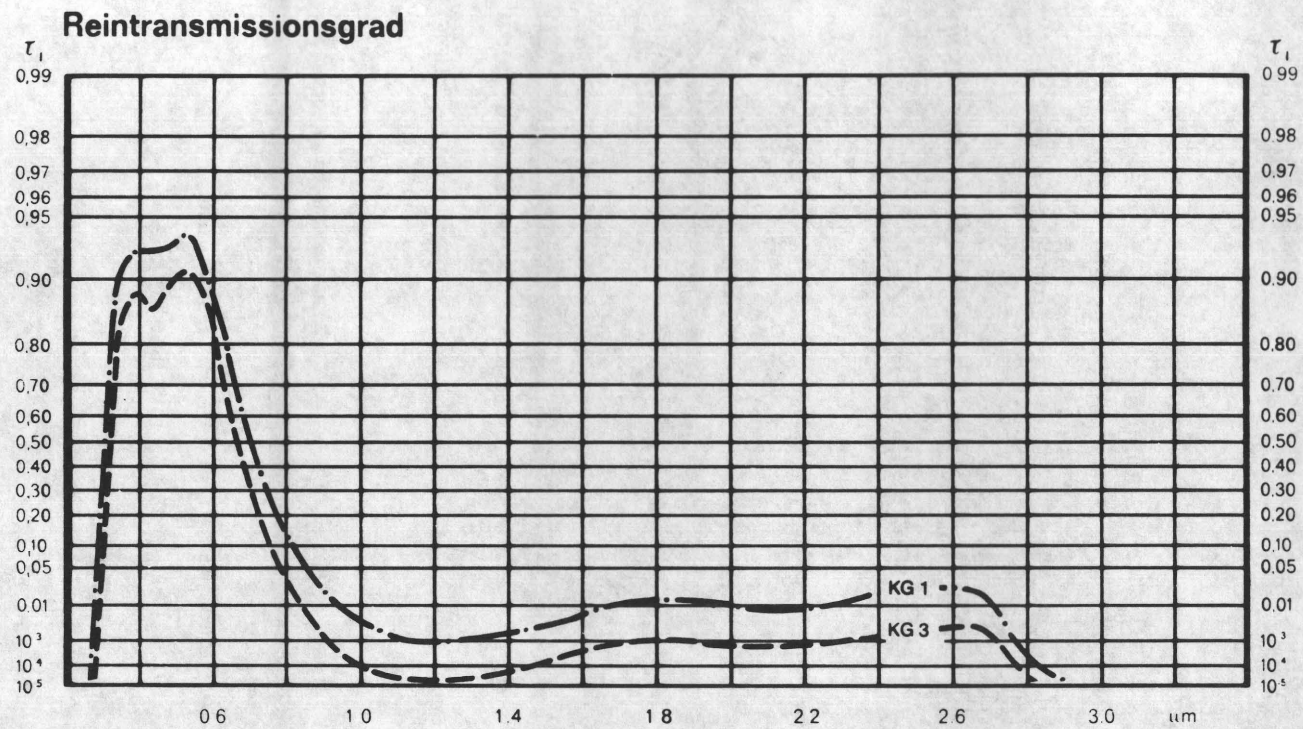


Bild 7 Spektrale Durchlässigkeit der infrarot- und ultraviolettabschneidenden Glasfilter vom Typ KG1 und KG2.

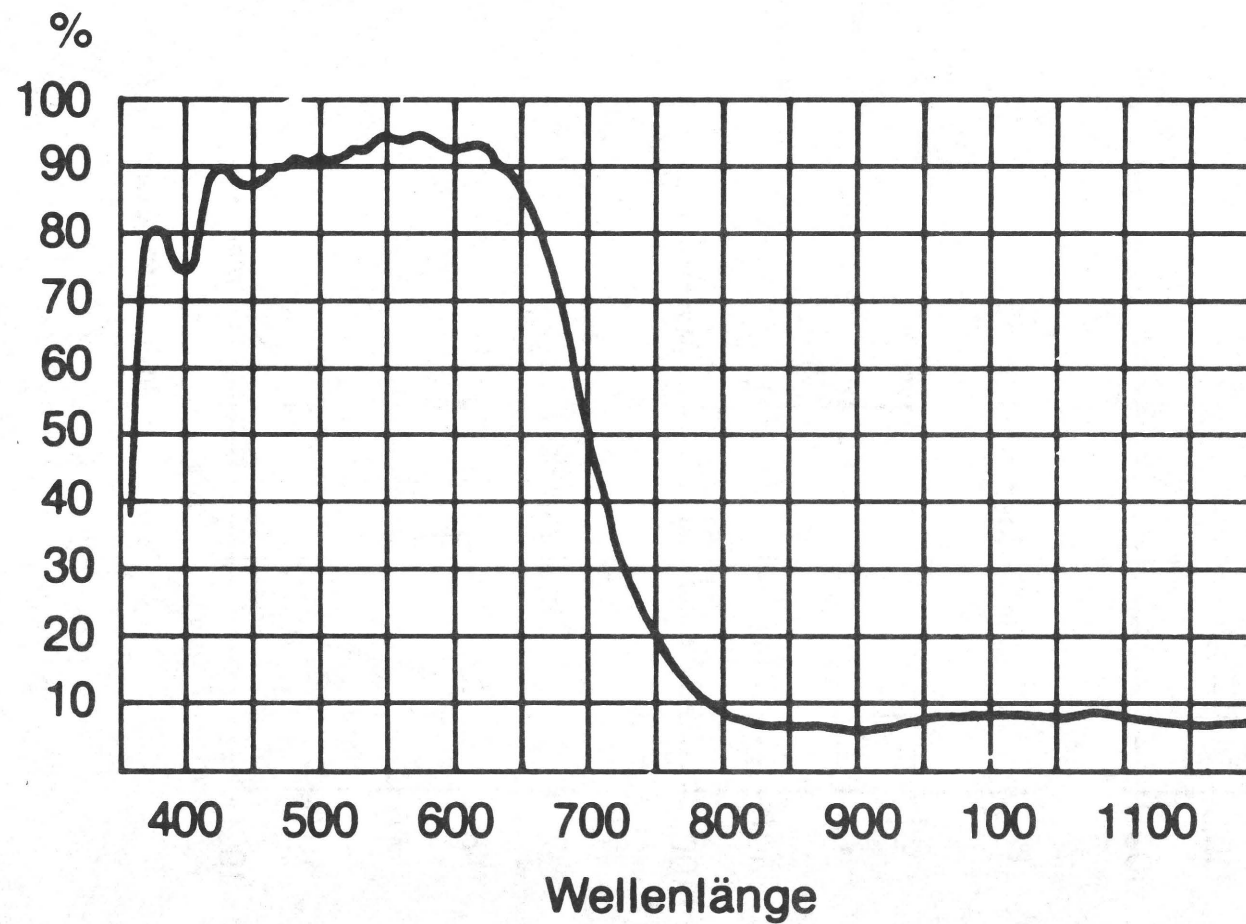


Bild 8 Spektrale Durchlässigkeit des Interferenz-Wärmereflektionsfilters

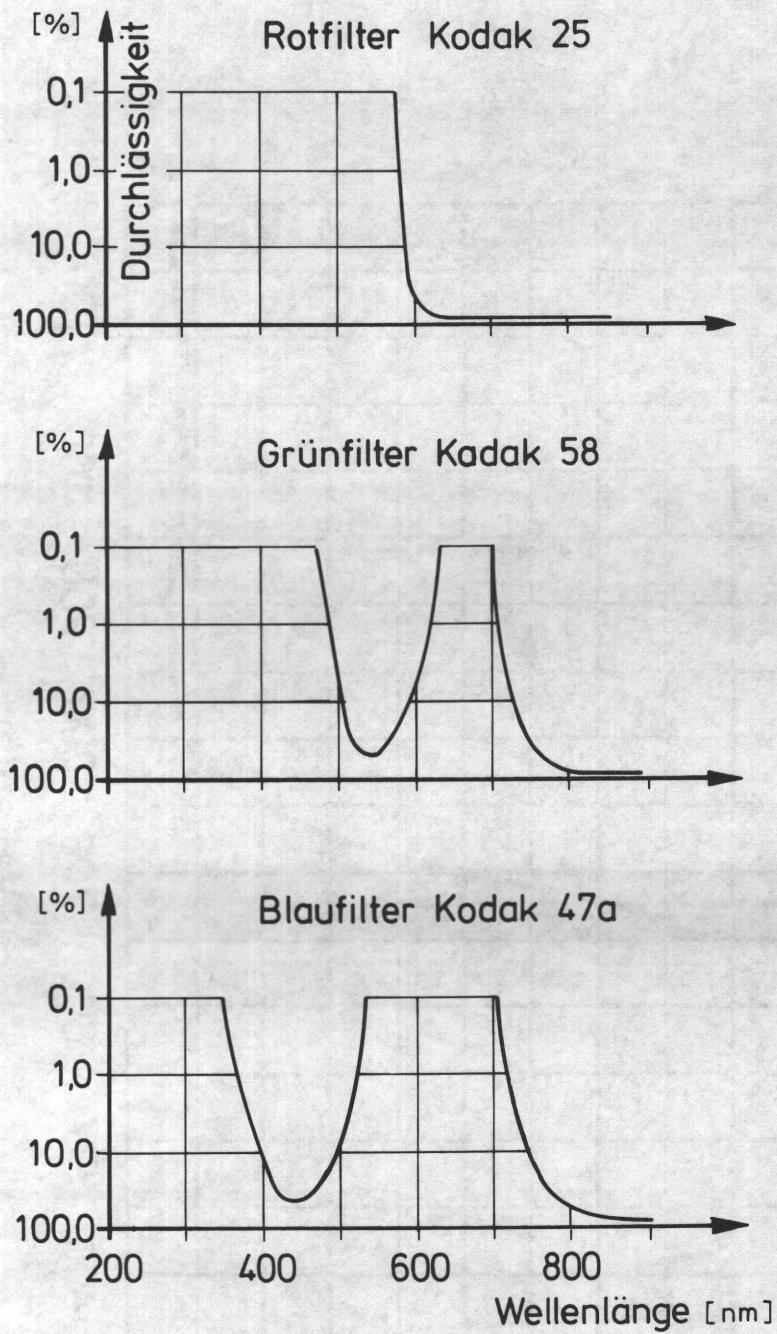


Bild 9 Spektrale Durchlässigkeit des Farbfilters (Gelatinefilter, Lieferant: Kodak)

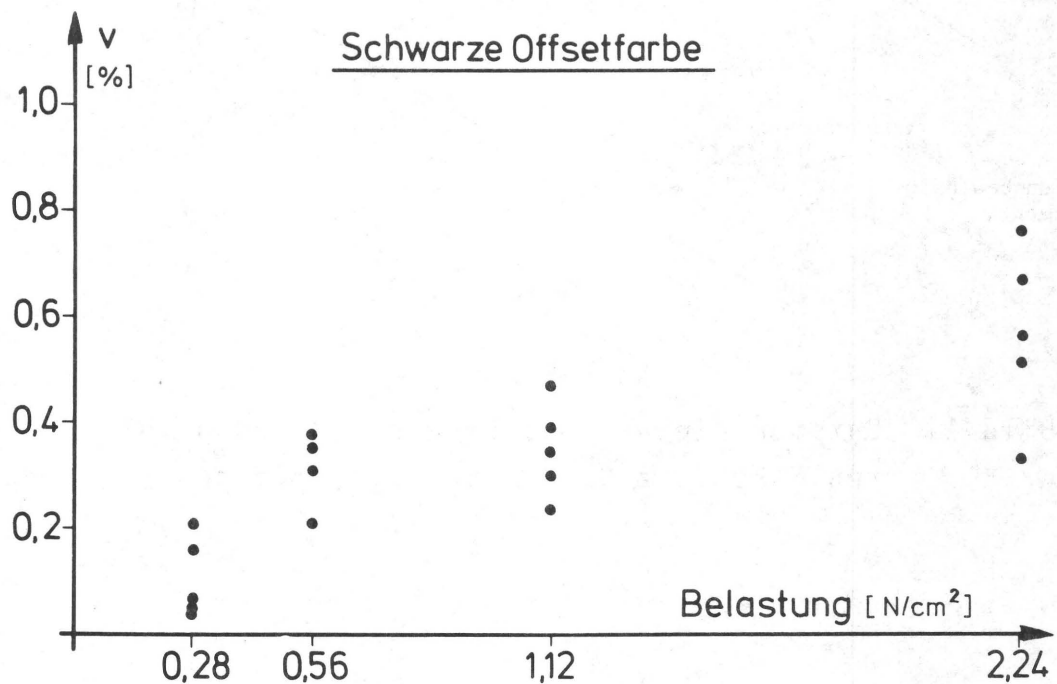
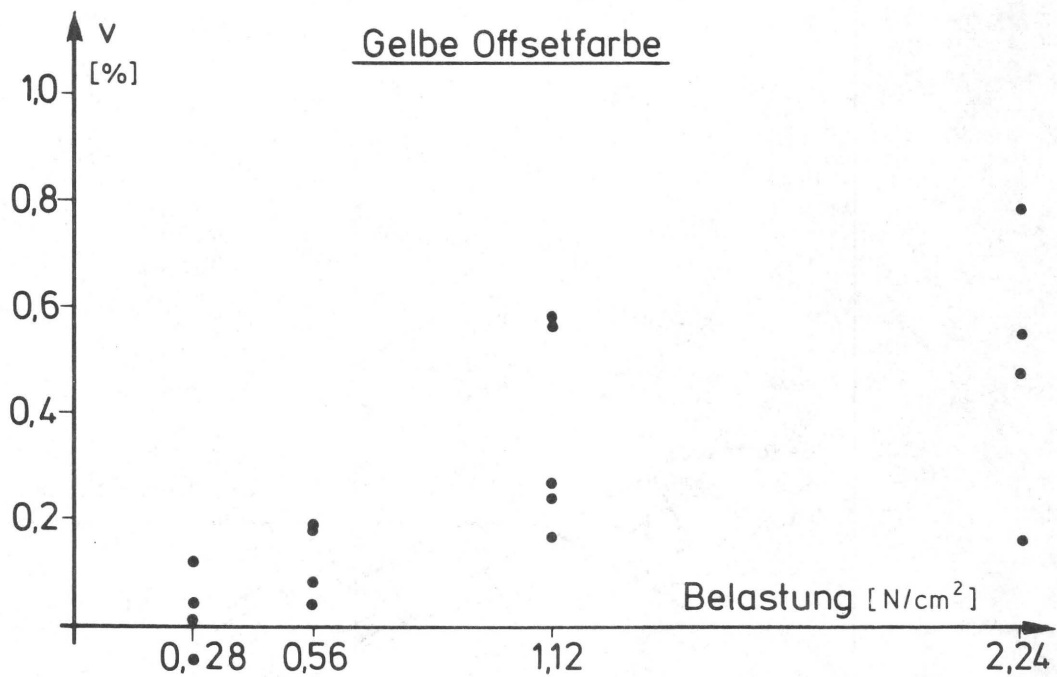


Bild 10 Diagramme Verschmierung versus Abschmierbelastung für Offsetdruckfarben auf saugfähigem Papier. Bis zum Zeitpunkt ist das Wegschlagen als Trocknungsmechanismus maßgebend.

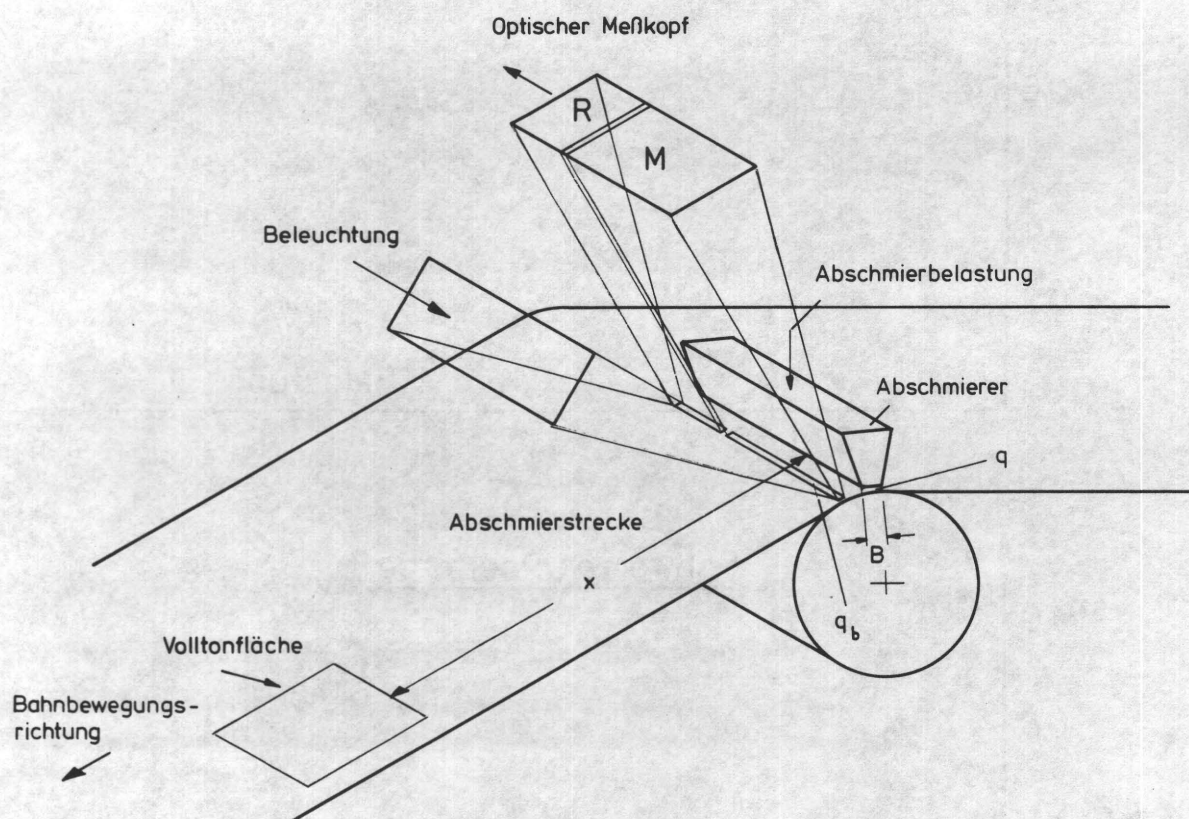


Bild 11 Entstehen eines Abschmierschweifes nach einer bedruckten Fläche, z.B. einer Volltonfläche

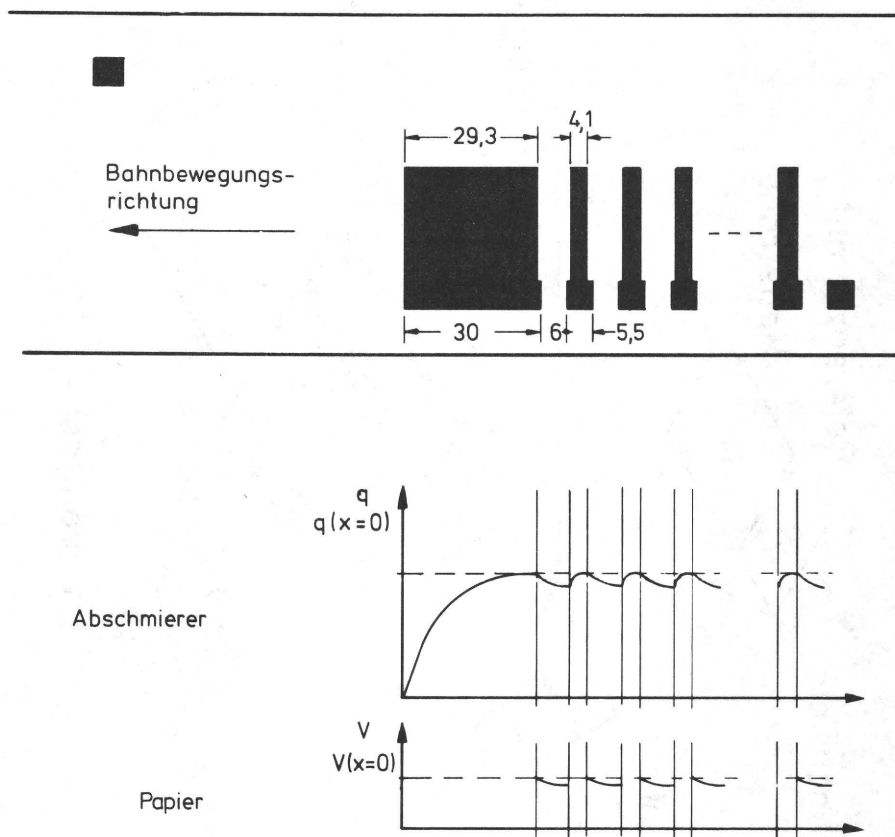


Bild 12 Verbesserter Testdruck. In der ersten verlängerten Volltonfläche kommt die Farbmenge q auf dem Abschmierer nahe an den Sättigungswert. Im unteren Teil des Bildes wird der Verlauf von q gezeigt. Vergleiche mit Bild 1 (alle Maßangaben in mm)

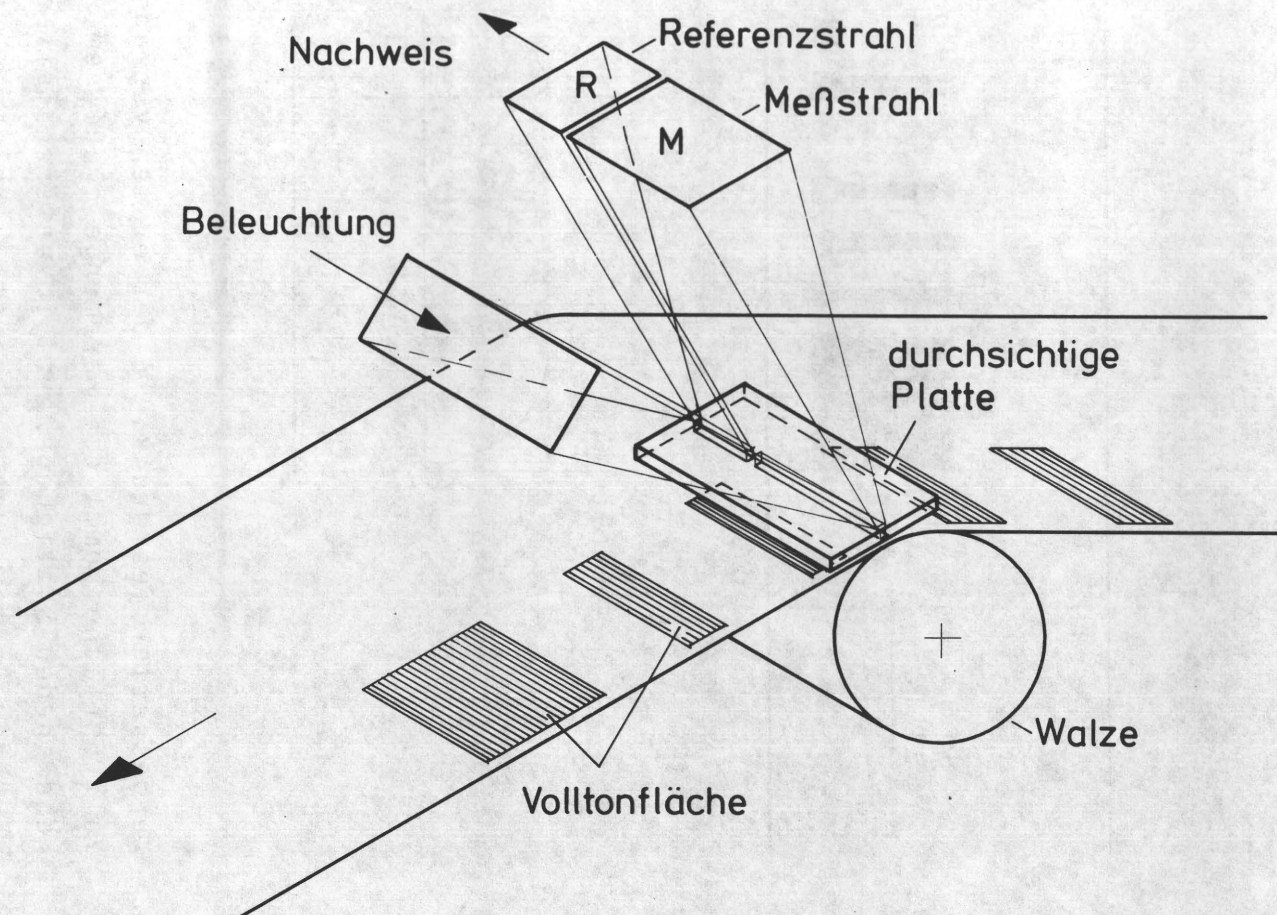


Bild 13 Optoelektronischer Nachweis durch einen durchsichtigen
Abschmierer

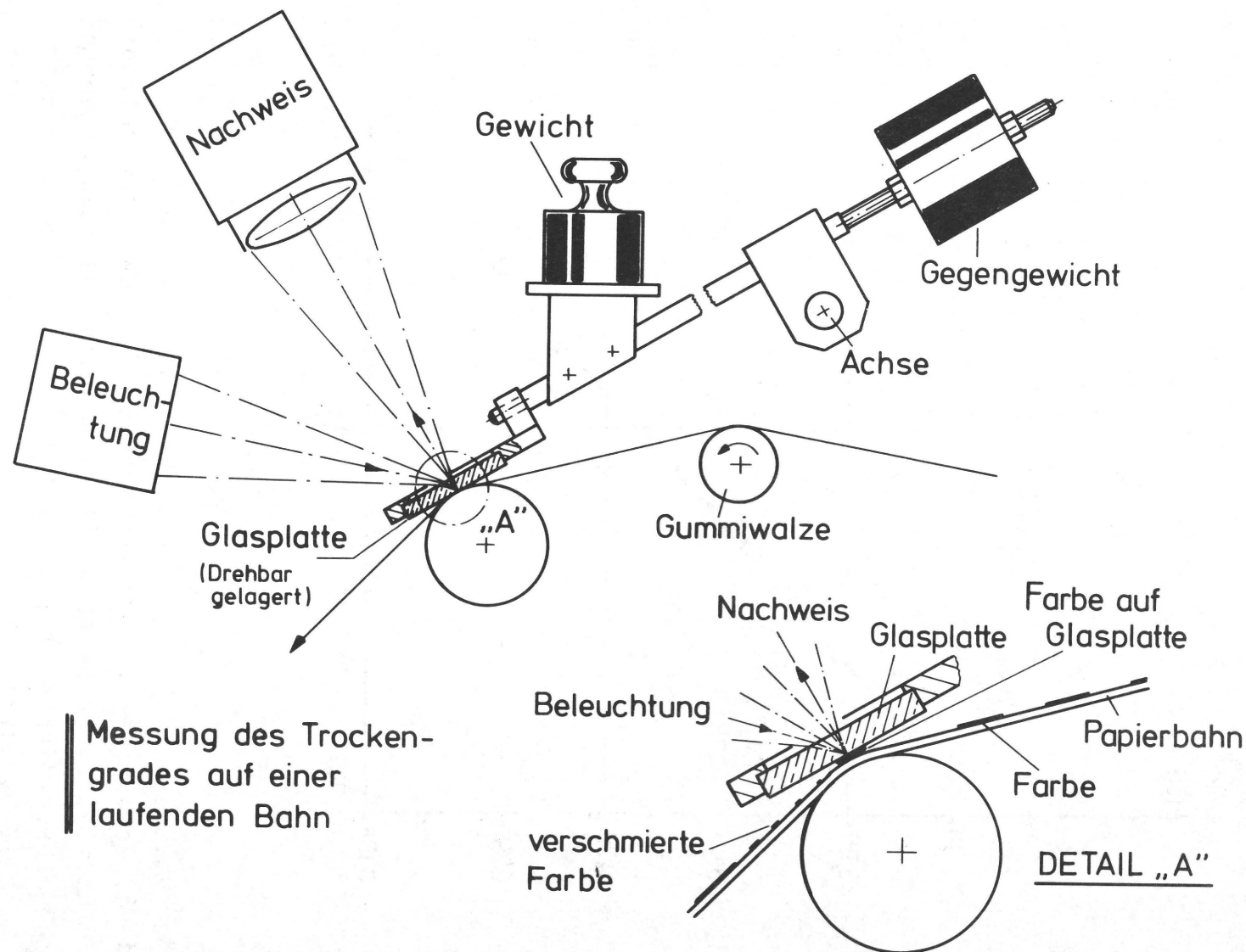


Bild 14 Aufbau der Meßanordnung zum elektrooptischen Nachweis von Druckfarbe durch den Abschwärzer

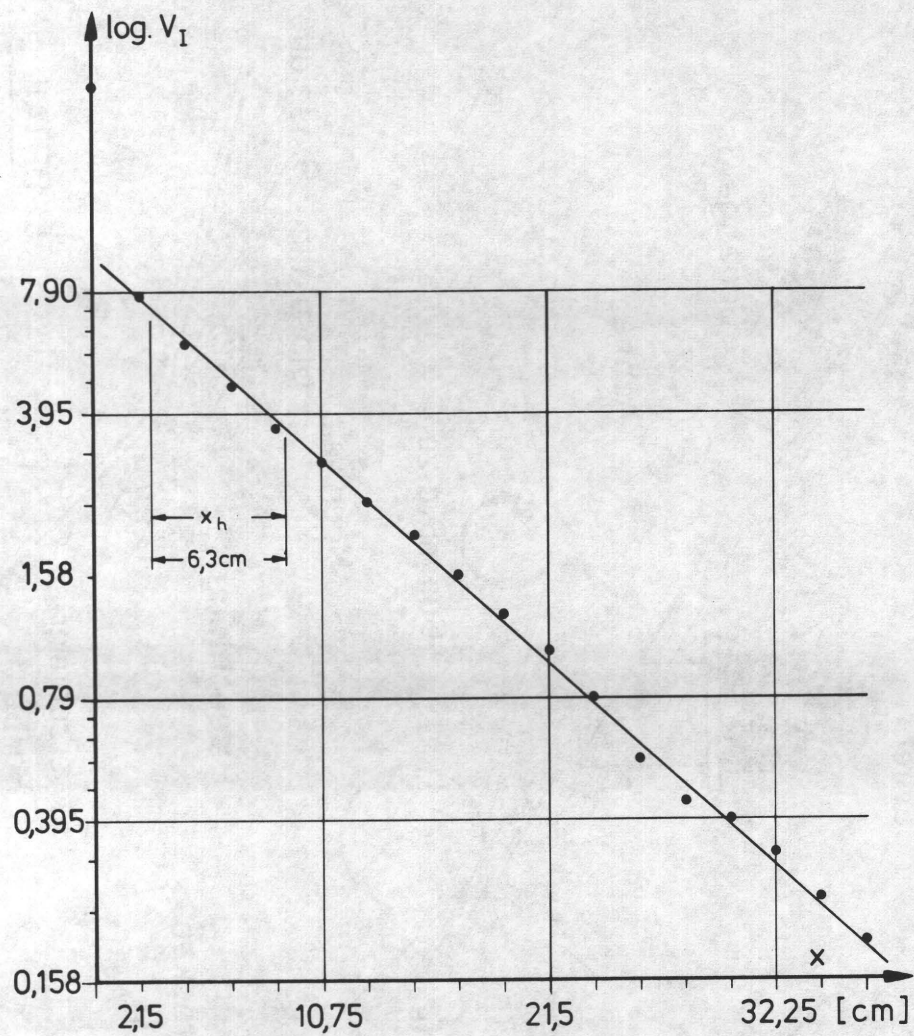


Bild 15 Abfall der Integralverschmierung nach einer Vollton-
fläche. Farbe hauptsächlich durch Wegschlagen verfestigt.
Druckdichte: 1,3 Abschmierbelastung: $1,63 \text{ N/cm}^2$
($x_h = x_0 \cdot \ln 2$)

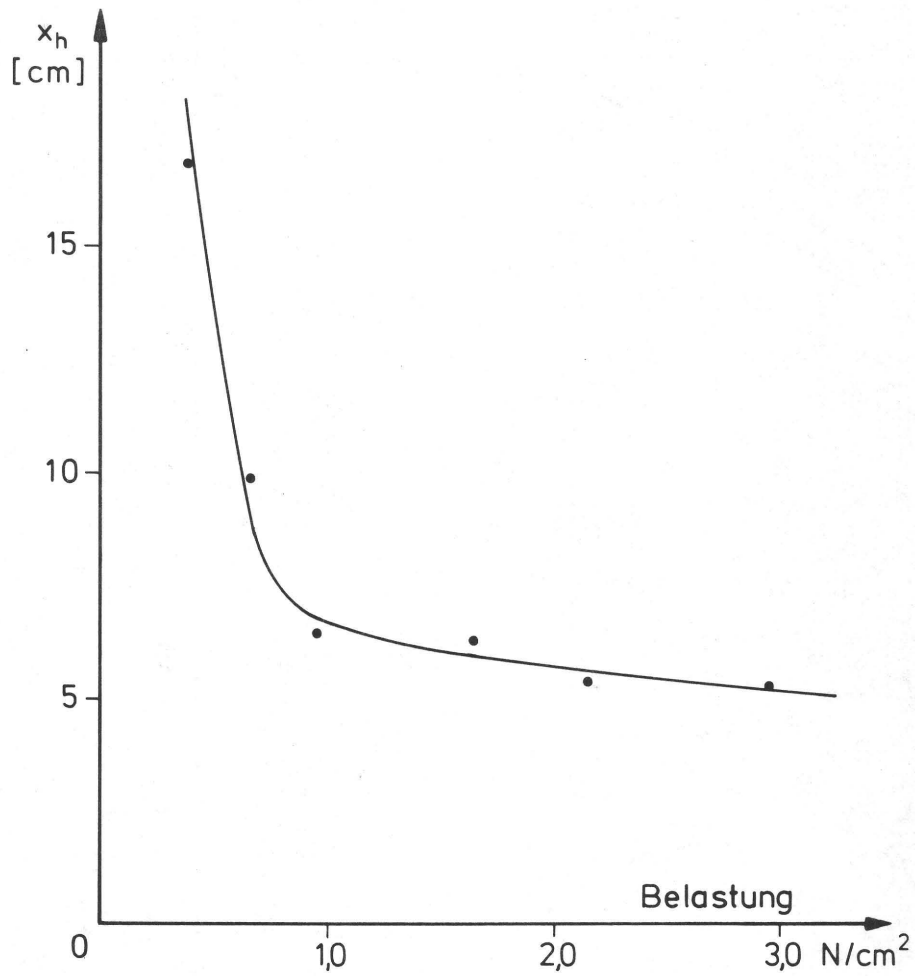


Bild 16 Die Halbwertlänge $x_h = x_0 \cdot \ln 2$ als Funktion der Abschmierbelastung für Offsetfarbe auf Naturpapier.
Druckdichte: 1,3

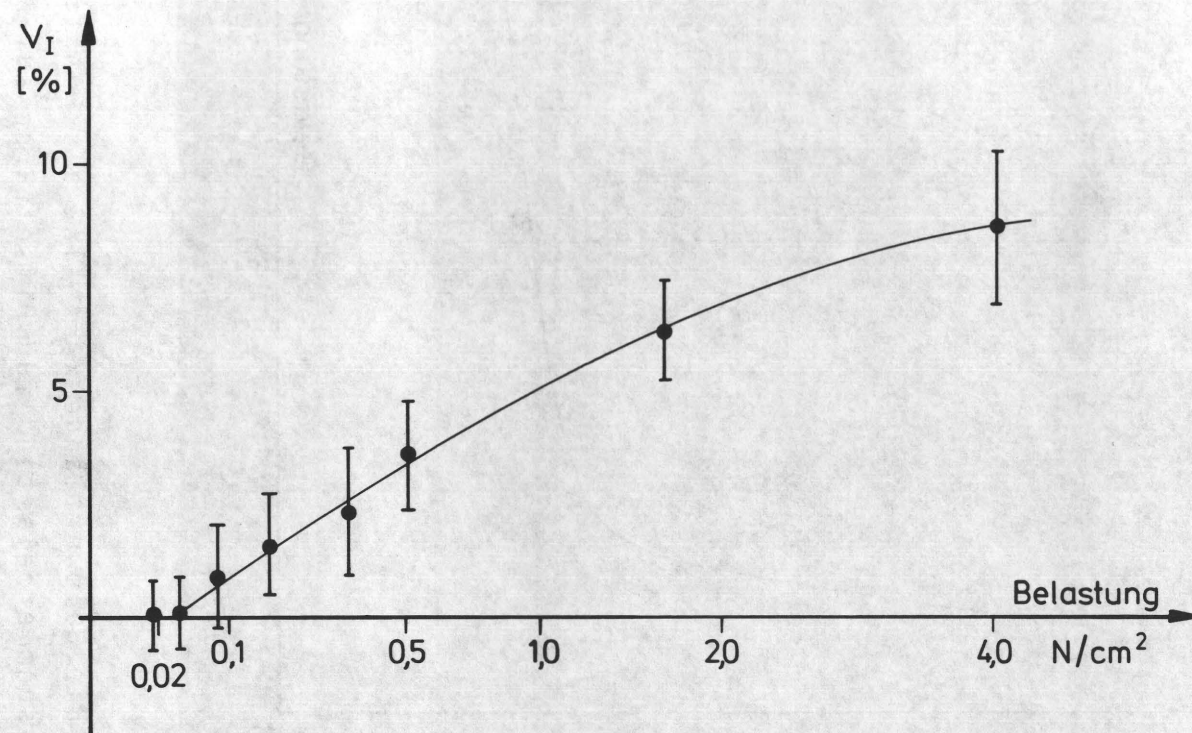


Bild 17 Die Integralverschmierung als Funktion der Abschmierbelastung. Die Trocknung erfolgt durch Wegschlagen. Es wurde ohne Abschmiererreinigung gemessen, daher ist mit Fehlern an der Abschmierschwelle zu rechnen

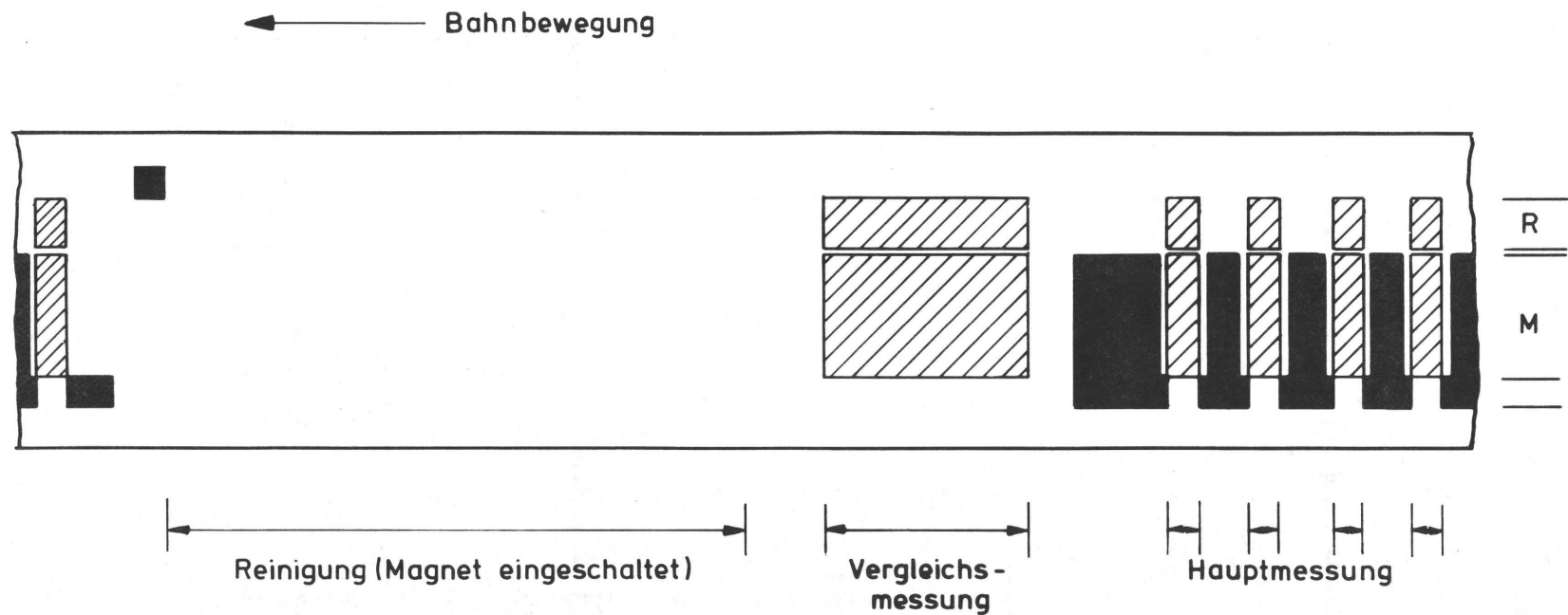


Bild 18 Die Reinigung erfolgt zwischen einem Probedruck und der Vergleichsmessung des nächsten.

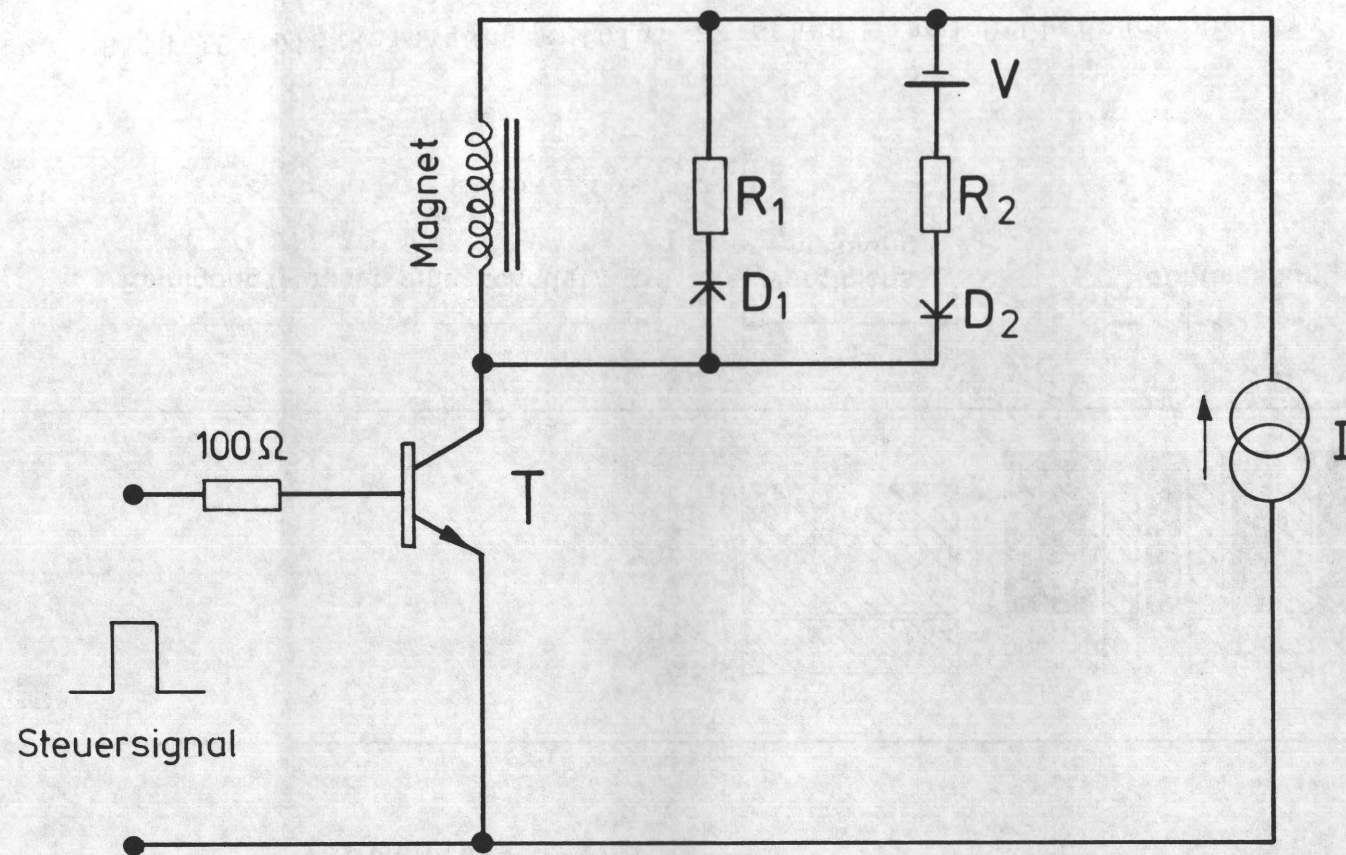


Bild 19 Speisestromschaltung für das Reinigungsmagnet

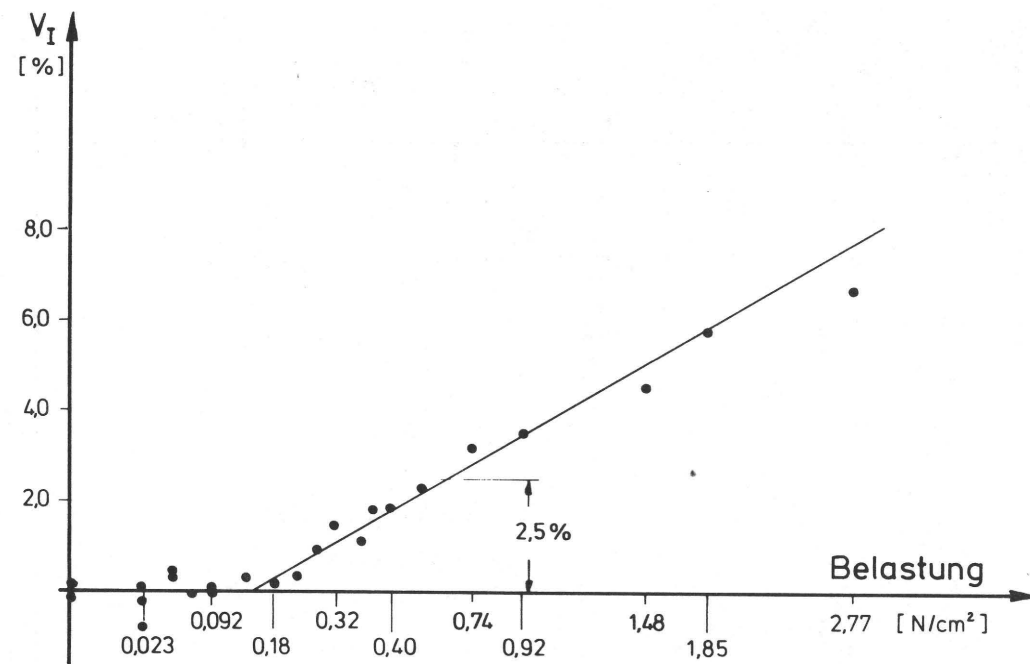


Bild 20 Integralverschmierung V_I als Funktion der Belastung.
 Das Wegschlagen ist für die Verfestigung des Farbfilmes
 maßgebend. Rußpigmentierte Offsetfarbe. Druckdichte: 1,3

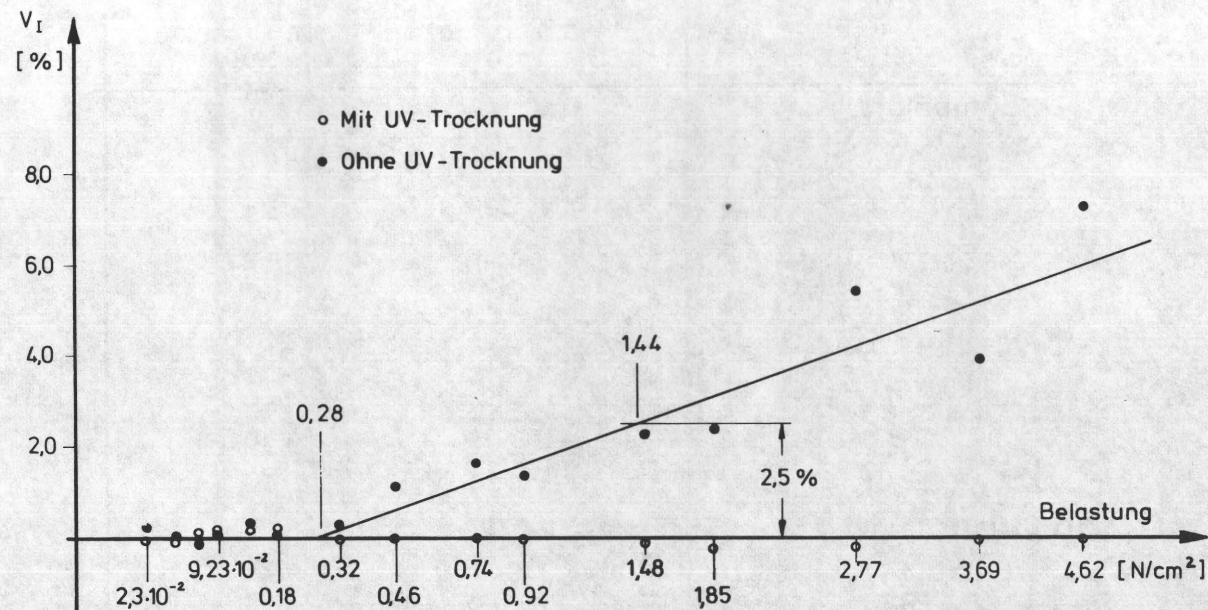


Bild 21 Integralverschmierung V_I als Funktion der Belastung für eine schwarze Offset-UV-Farbe auf Naturpapier gedruckt. Bei abgeschaltetem Strahler ist das Wegschlagen für die Verfestigung maßgebend. Druckdichte: 1,3

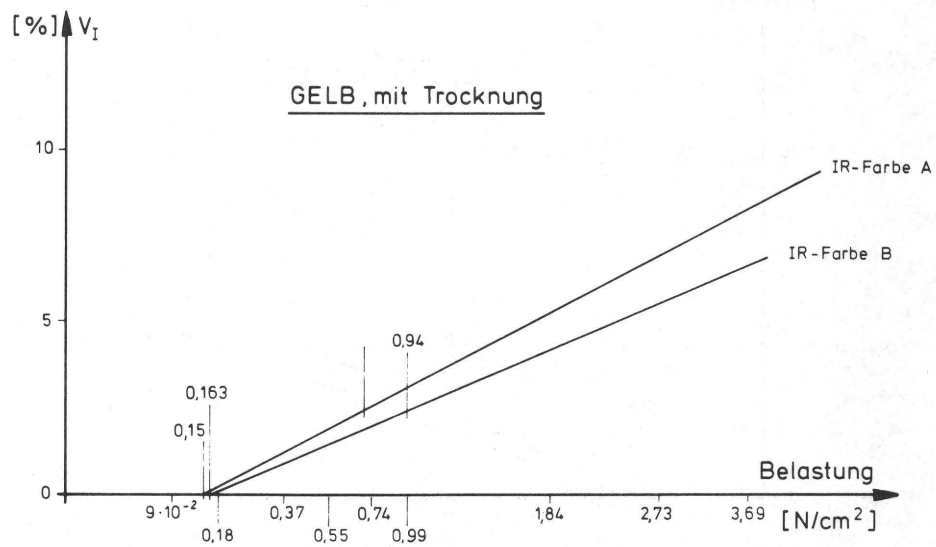
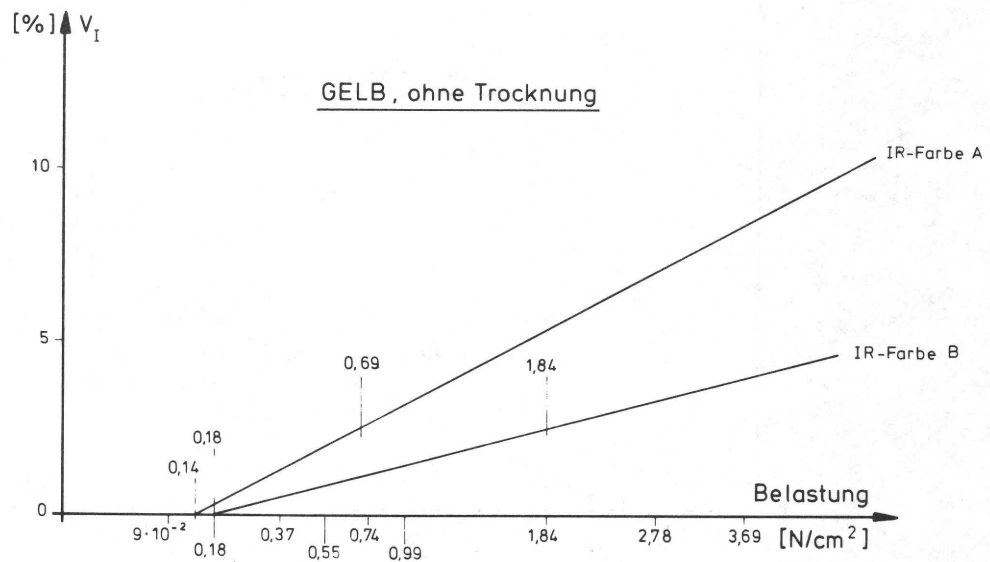


Bild 22 Diagramme V_I versus Belastung für zwei gelbe IR-Offsetfarben auf Naturpapier bedruckt.

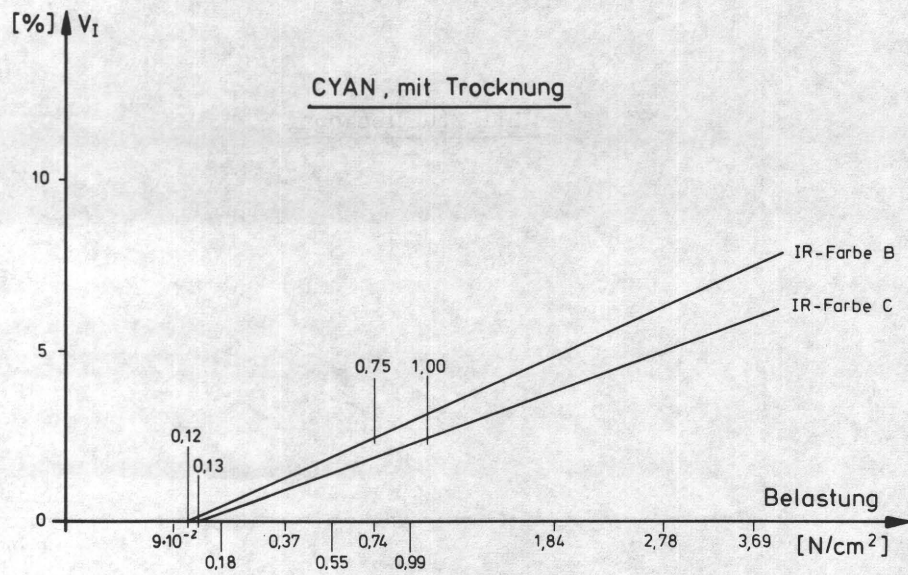
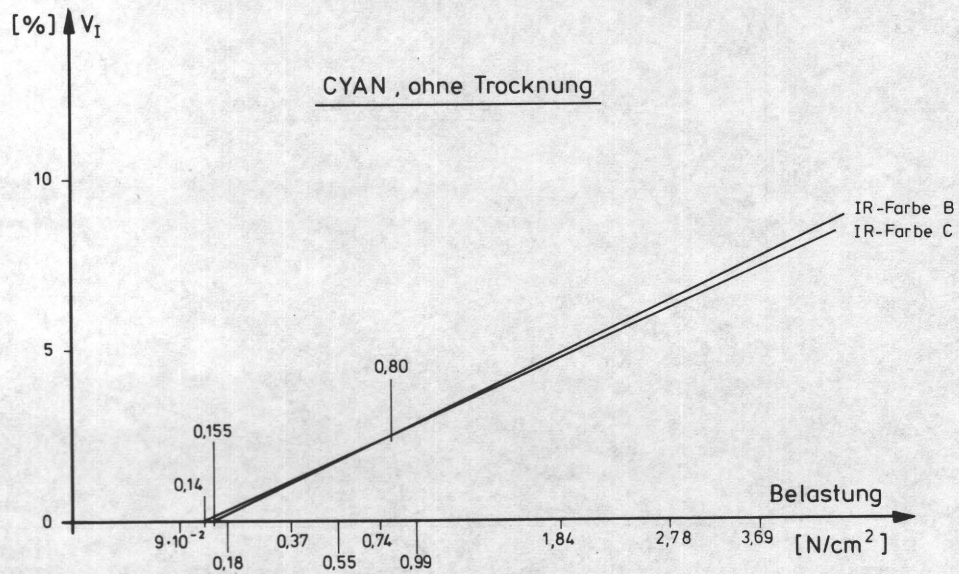


Bild 23 Diagramme V_I versus Belastung für zwei Cyan-IR-Offsetfarben auf Naturpapier bedruckt

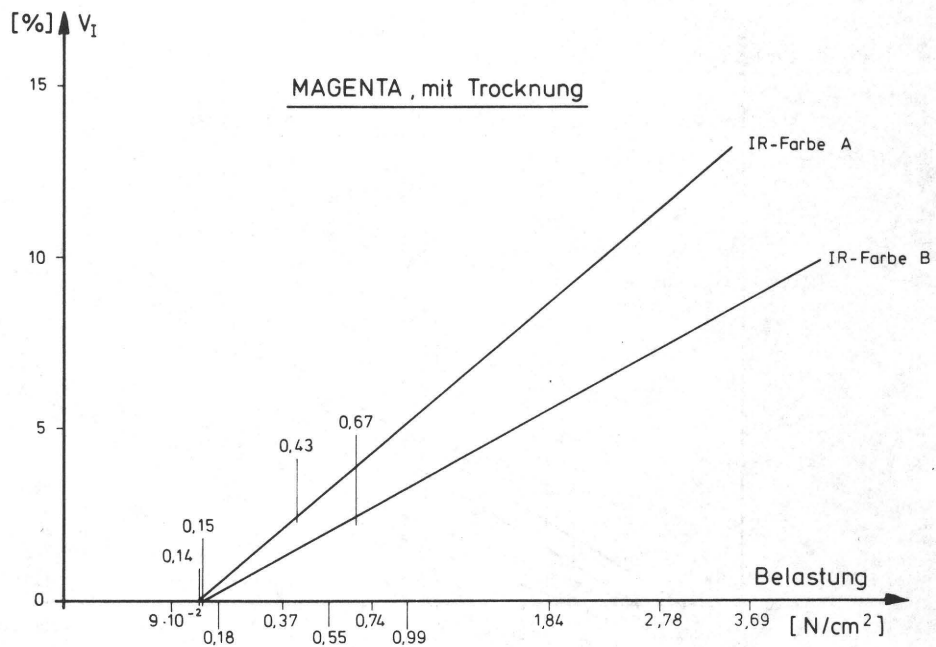
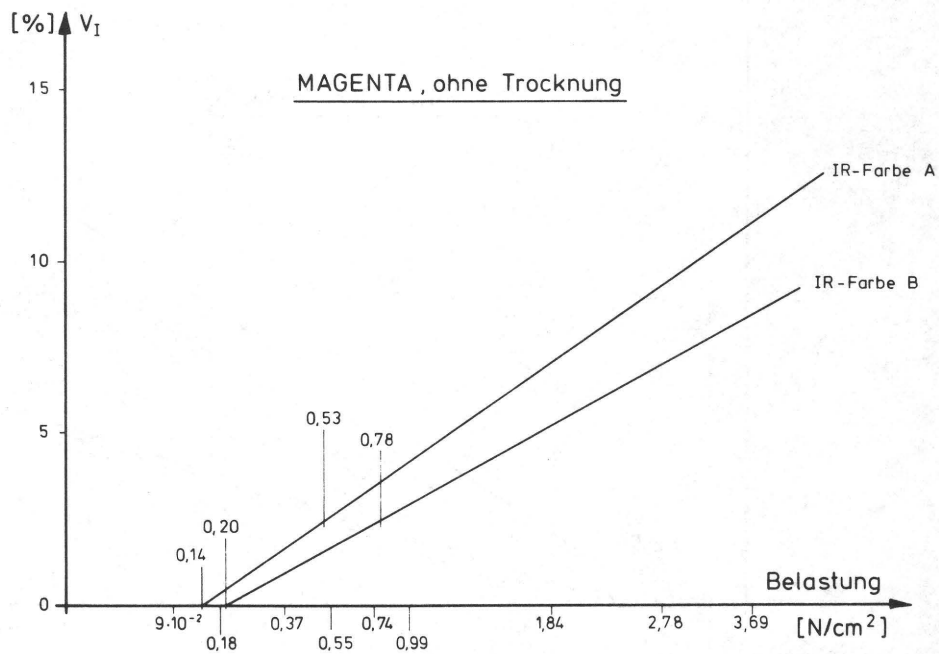


Bild 24 Diagramme V_I versus Belastung für zwei Magenta-IR-Offsetfarben auf Naturpapier bedruckt

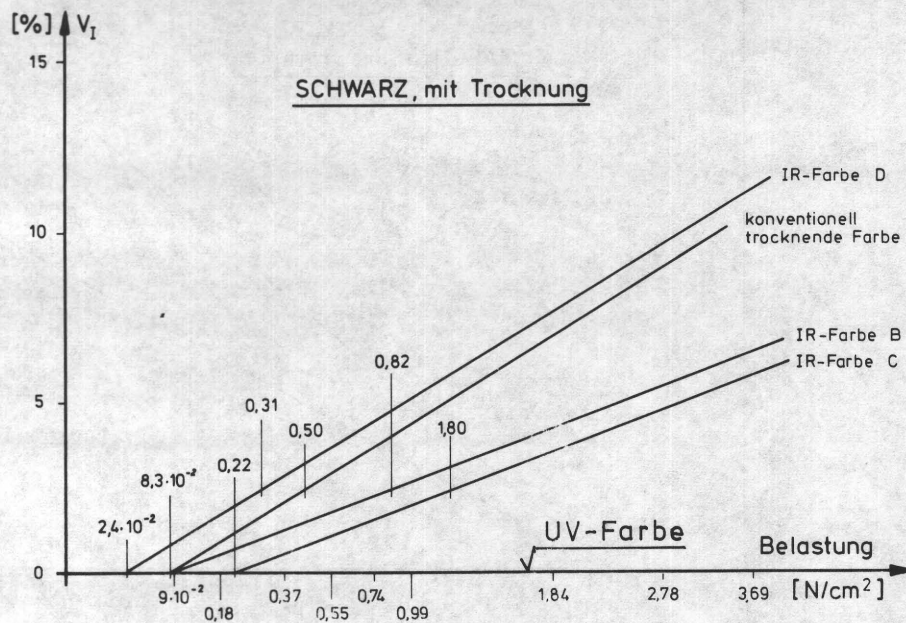
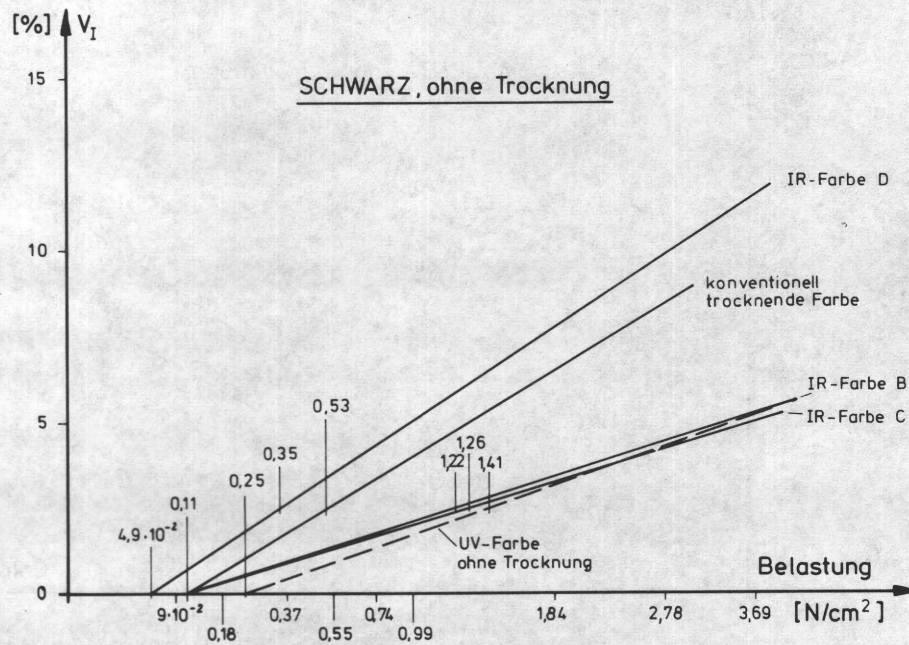


Bild 25 Diagramme V_I versus Belastung für schwarze, rußpigmentierte IR-Offsetfarben. Zum Vergleich auch die Diagramme für eine konventionell- und eine UV-trocknende Offsetfarbe

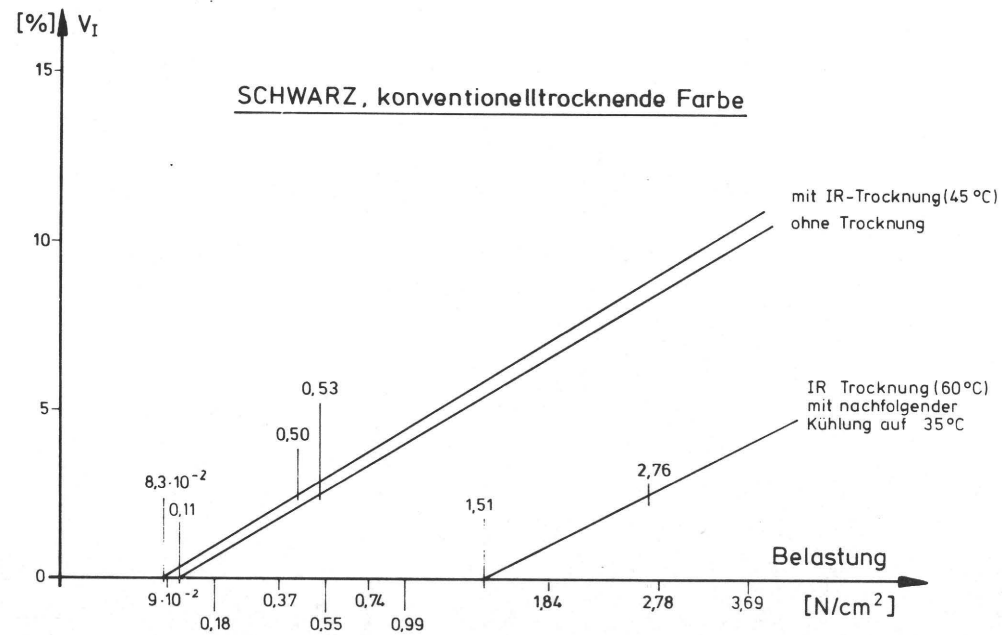
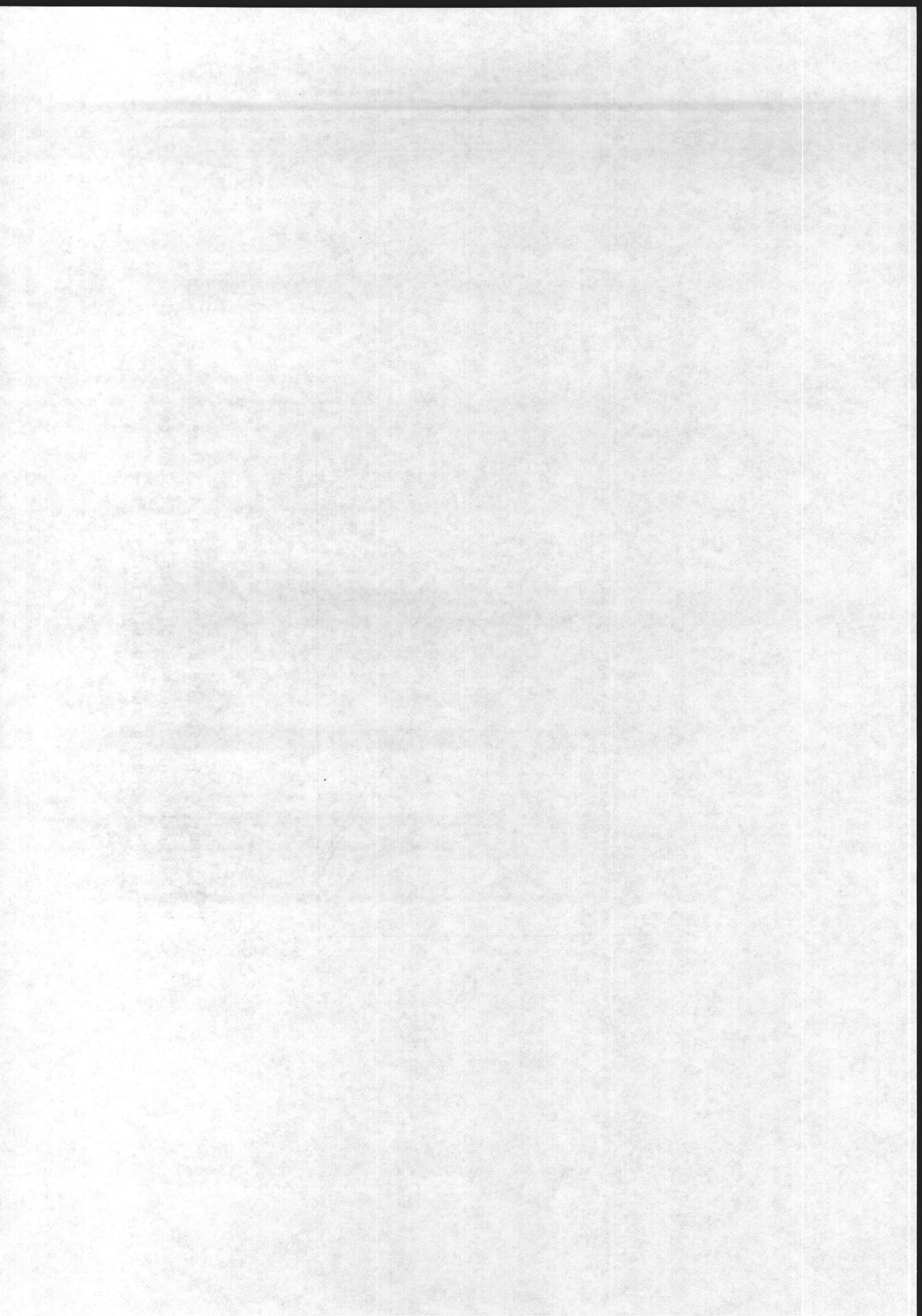


Bild 26 Diagramme V_I versus Belastung für eine schwarze Offsetfarbe ohne Trocknung, nach IR-Trocknung und nach IR-Erwärmung und Rückkühlung



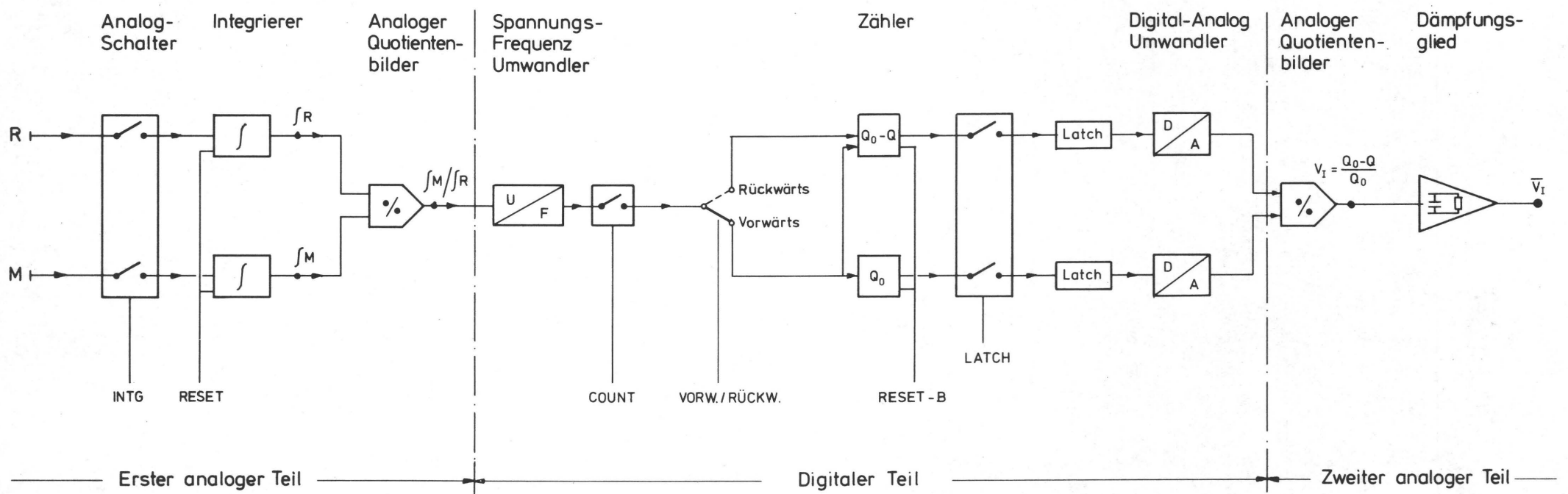


Bild 27 Schematischer Aufbau der Auswerteelektronik

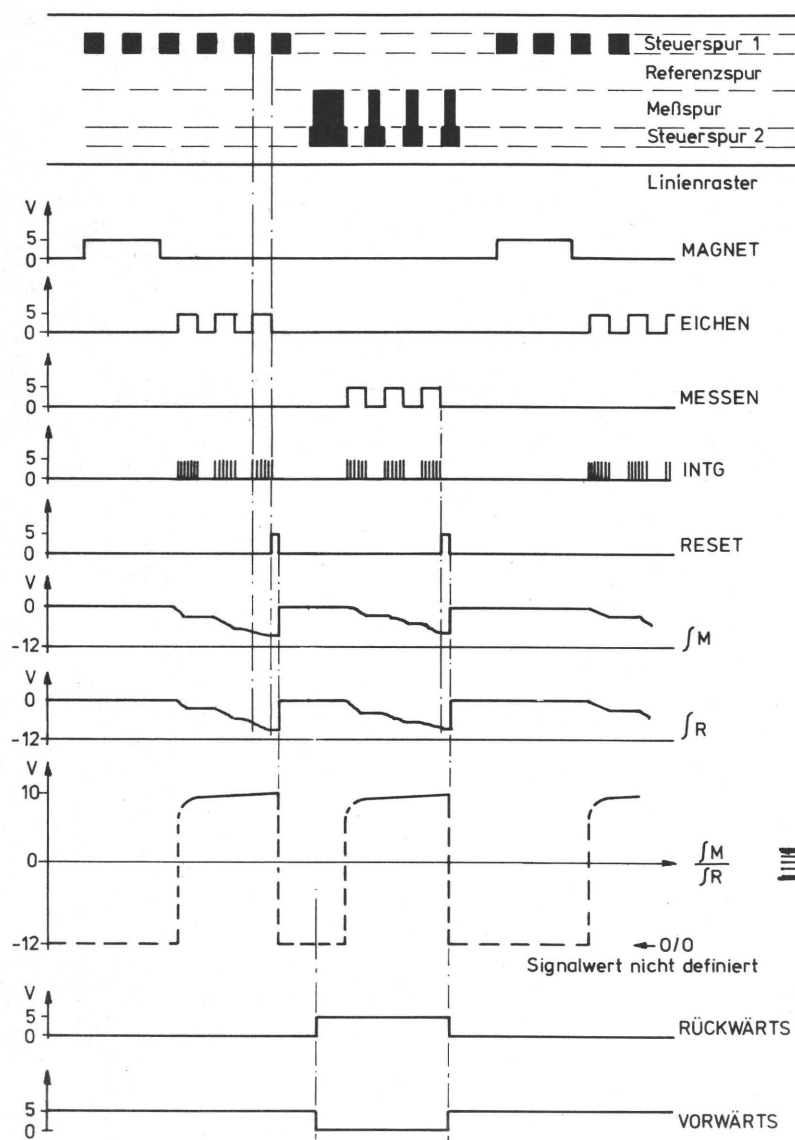
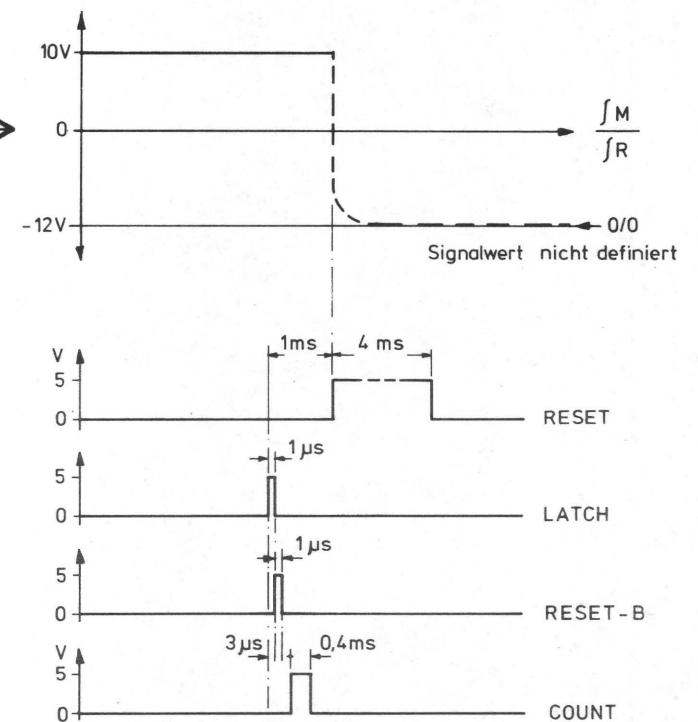


Bild 28 Zeitlicher Verlauf der Steuerimpulse und Meßsignale

Bild 29 Zeitlicher Verlauf weiterer Steuerimpulse im zeitlichen Bezug auf das Ende jedes Integrationszyklus (nicht zeitmaßstäblich)



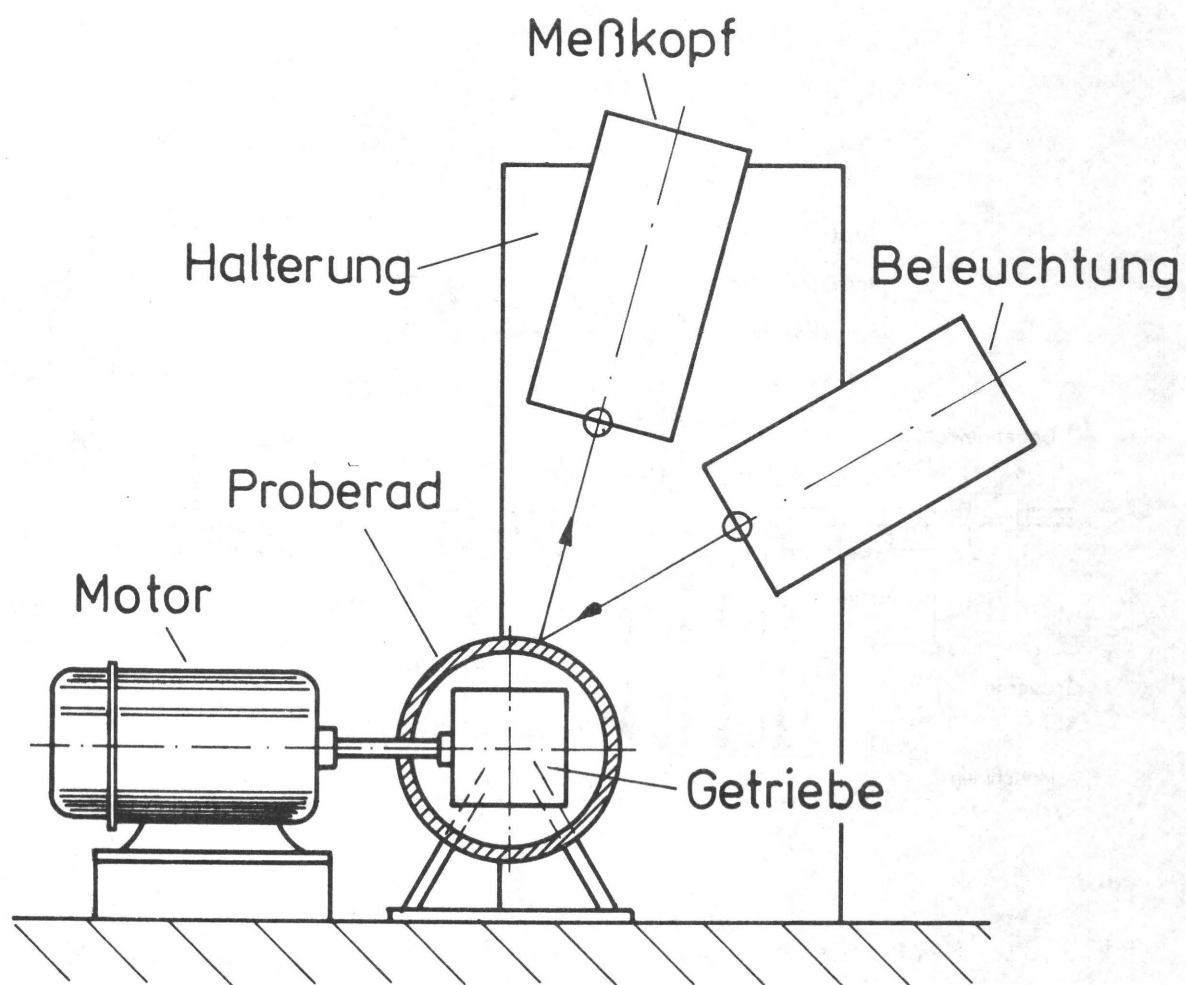


Bild 30 Testaufbau mit Proberad (Simulator)

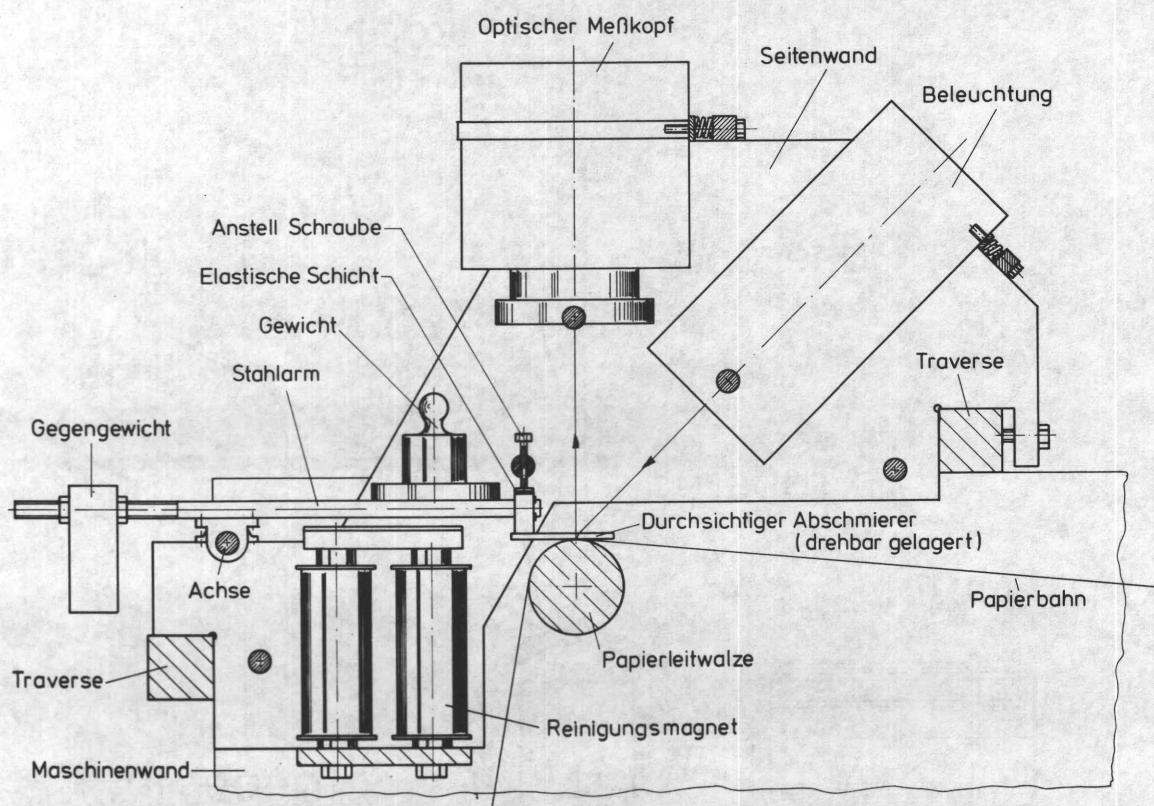


Bild 31 Mechanischer Aufbau der Meßanordnung für Versuchsmessungen an einer Produktionsdruckmaschine. Die Meßanordnung wird auf zwei Traversen gestützt und befestigt. Meßkopf, Beleuchtung, Reinigungsmagnet und Abschwärzer werden zwischen zwei Seitenwände montiert. Der durchsichtige Abschwärzer, hier aus Glas mit einem Metallrahmen, ist an dem Stahlarm mittels eines Gleitlagers verbunden: er kann daher flach auf der Leitwalze bzw. Bahn liegen. Die Achse ist an den Seitenwänden kugellagergelagert. Die Abschwärzerbelastung wird mit Gewichten eingestellt. Meßkopf und Beleuchtung sind auf der Kontaktfläche Abschwärzer-Bahn fokussiert.

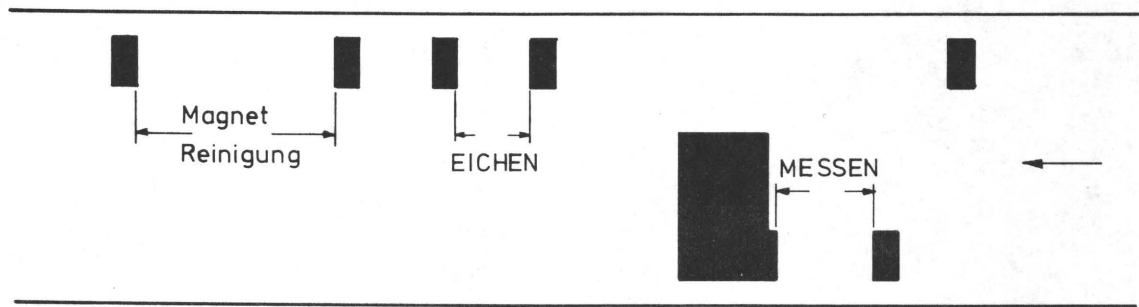


Bild 32 Druckbild bei den Versuchen an der Modelldruckmaschine

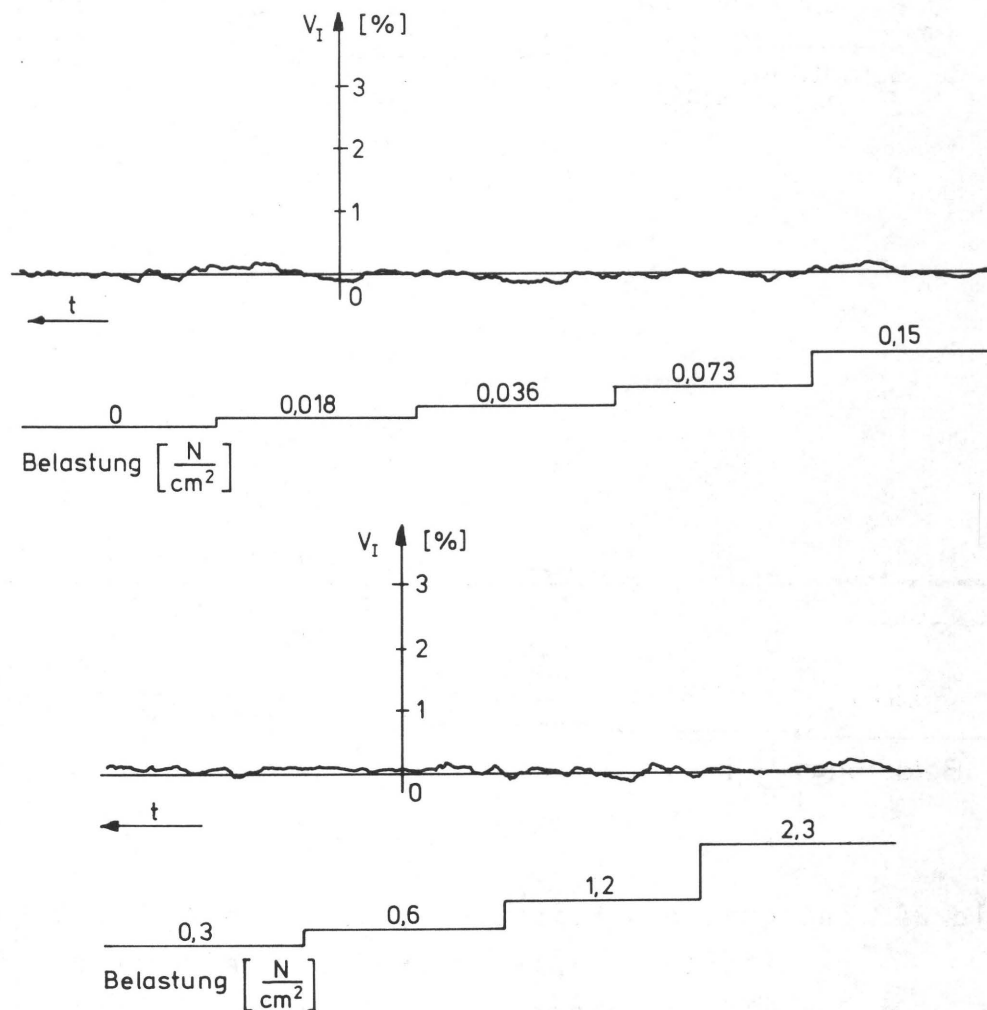


Bild 33 Integralverschmierung V_I über die Zeit. UV-Farbe auf gestrichenem Papier gedruckt. Die Messung erfolgte nach Durchlaufen einer UV-Trocknerstrecke. Die Bahngeschwindigkeit betrug 0,27 m/s und die Druckdicke lag um $D=1,55$. Abschmierbelastungen zwischen 0 und 2,3 N/cm^2

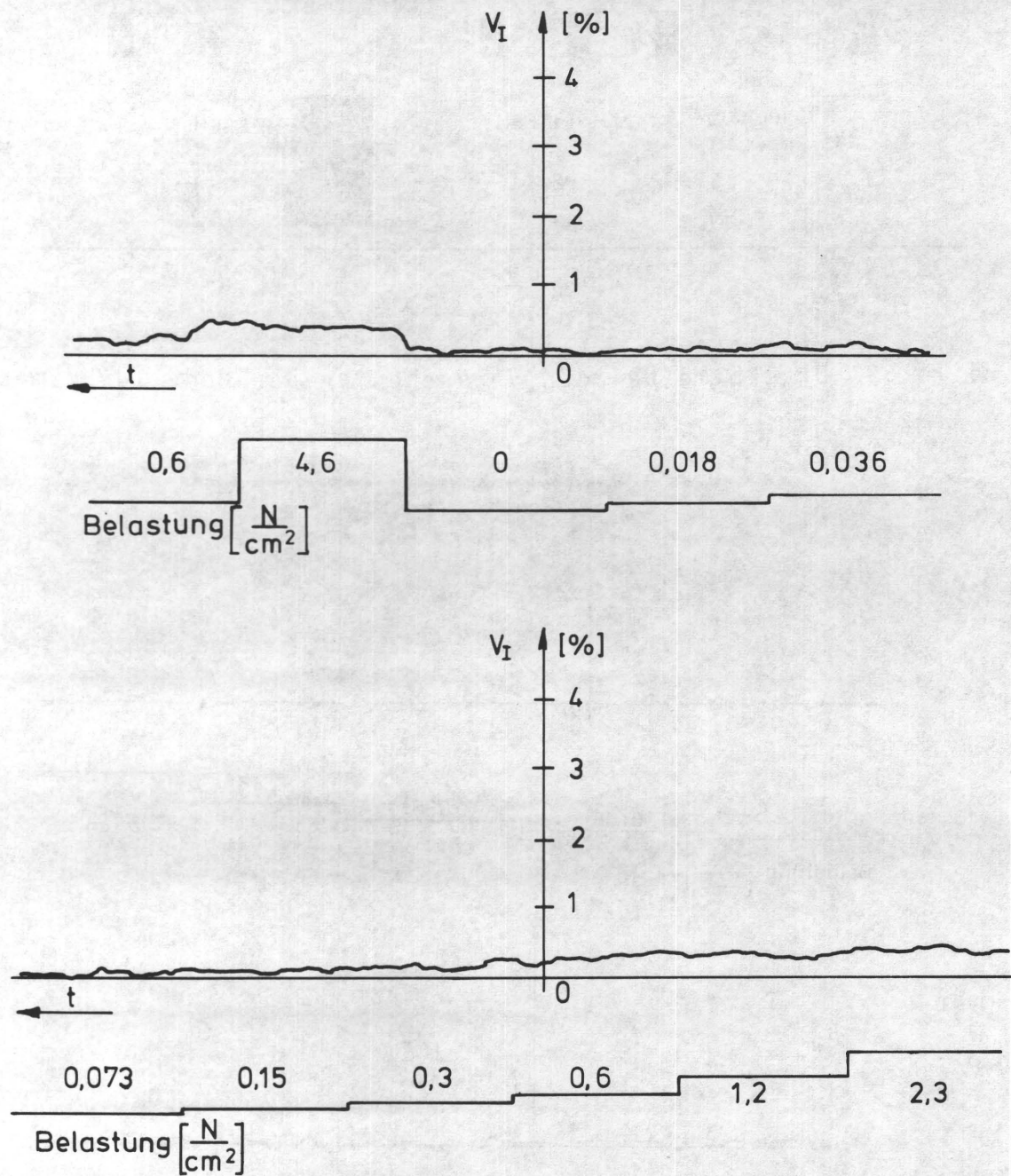


Bild 34 Integralverschmierung V_I über die Zeit. UV-Farbe auf gestrichenem Papier gedruckt. Die Messung erfolgte nach Durchlaufen einer UV-Trocknerstrecke. Die Bahngeschwindigkeit betrug 0,84 m/s und die Druckdichte lag um $D=1,55$. Abschmierbelastungen zwischen 0 und 2,3 N/cm^2

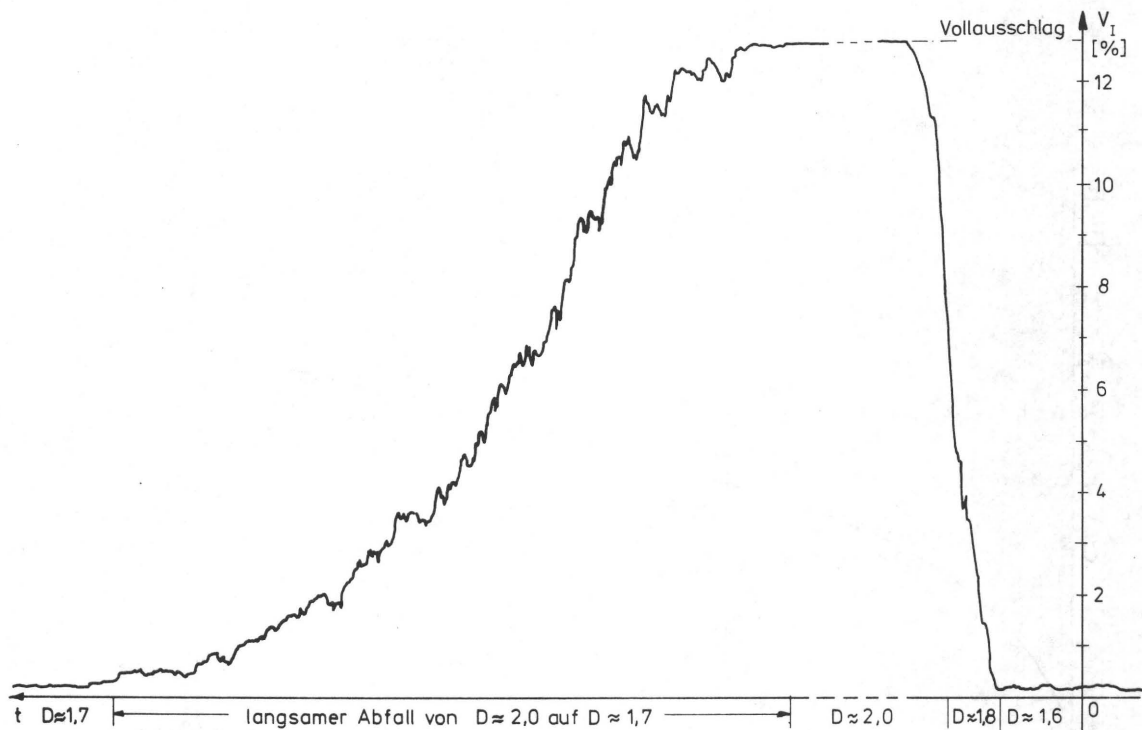


Bild 35 Integralverschmierung V_I über die Zeit. Die Druckdichte bzw. die Farbschichtdicke wurde zuerst stark erhöht, später die Farbzufuhr zum Farbwerk unterbrochen. Eine UV-Farbschicht wird beim Durchlaufen des UV-Trockners nur bis zu einer begrenzten Tiefe gehärtet. Daher können bei größeren Dichten hohe Werte der Integralverschmierung gemessen werden.

Die Messung erfolgte bei Verwendung einer schwarzen UV-Farbe, und zwar auf gestrichenem Papier gedruckt. Die Meßstelle lag hinter dem Trockner. Die Bahngeschwindigkeit betrug 0,84 m/s und die Abschmierbelastung $1,2 \text{ N/cm}^2$

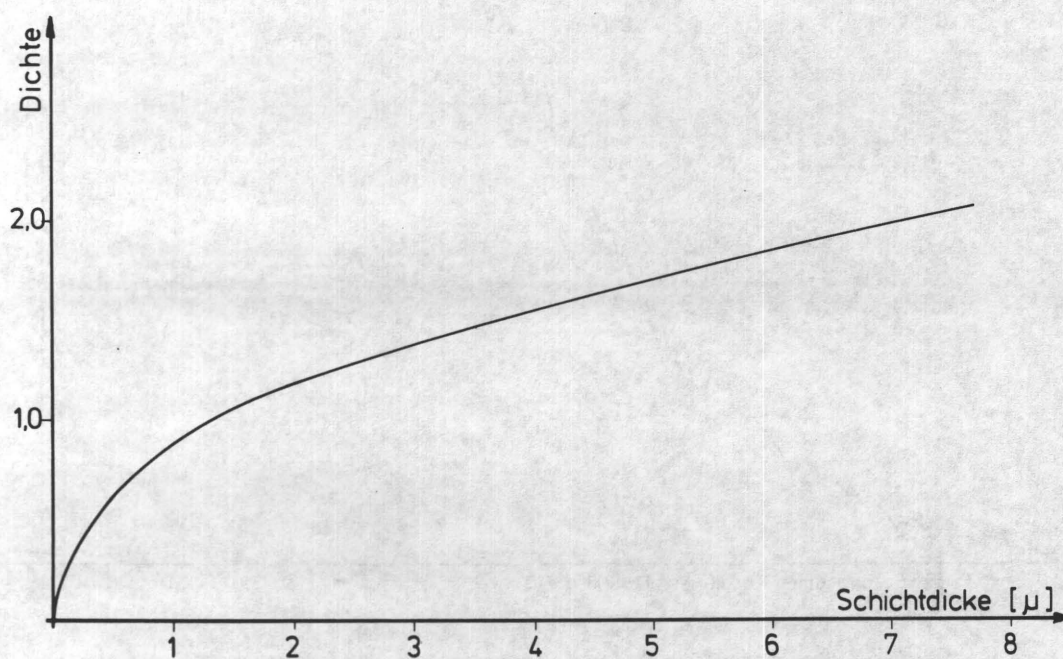


Bild 36 Abhängigkeit der Druckdichte von der Schichtdicke.
Schwarze UV-Farbe auf gestrichenem Papier

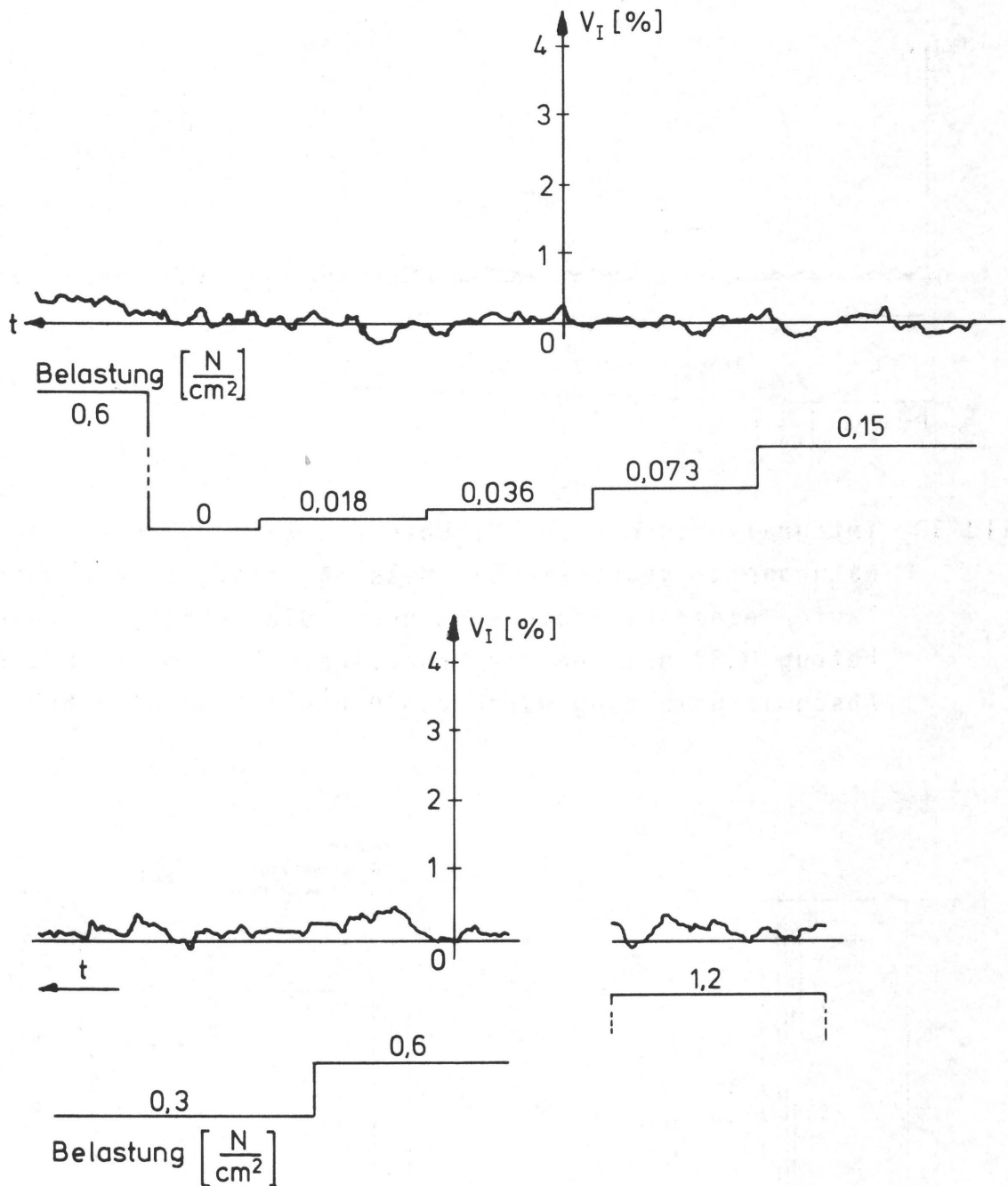


Bild 37 Integralverschmierung V_I über die Zeit. UV-Farbe auf Naturpapier gedruckt. Die Messung erfolgte nach Durchlaufen einer UV-Trocknerstrecke. Die Bahngeschwindigkeit betrug 0,36 m/s und die Druckdichte lag um $D=1,52$. Abschmierbelastungen zwischen 0 und 1,2 N/cm^2

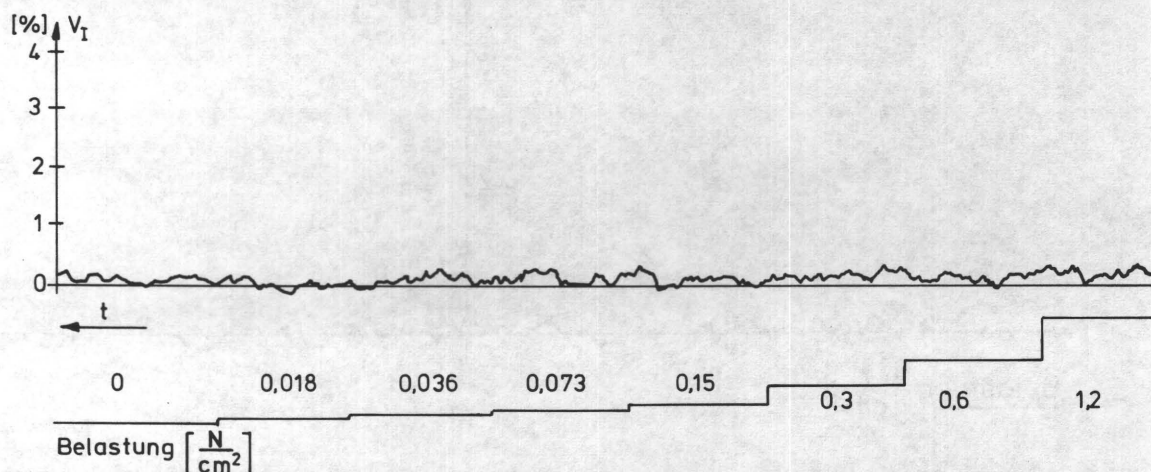


Bild 38 Integralverschmierung V_I über die Zeit. UV-Farbe auf Naturpapier gedruckt. Die Messung erfolgte nach Durchlaufen einer UV-Trocknerstrecke. Die Bahngeschwindigkeit betrug 0,84 m/s und die Druckdichte lag um $D=1,57$. Die Abschmierbelastung wurde von 0 bis $1,2 \text{ N/cm}^2$ erhöht.

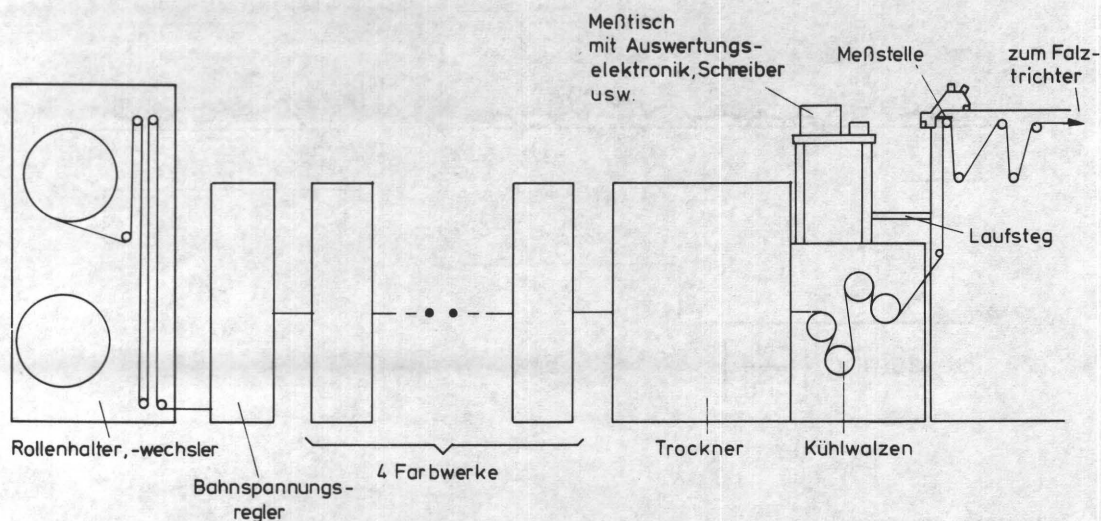


Bild 39 Die Produktions-Druckmaschine (Typ Albert-Frankenthal A-202) besteht aus Rollenwechsler, Bahnspannungsregelung, vier Druckwerken, Trocknungseinrichtung (Heißluftofen und Kühlwalzen) und Falzapparat. Die Meßanordnung wurde zwischen Trocknungseinrichtung und Falztrichter montiert.

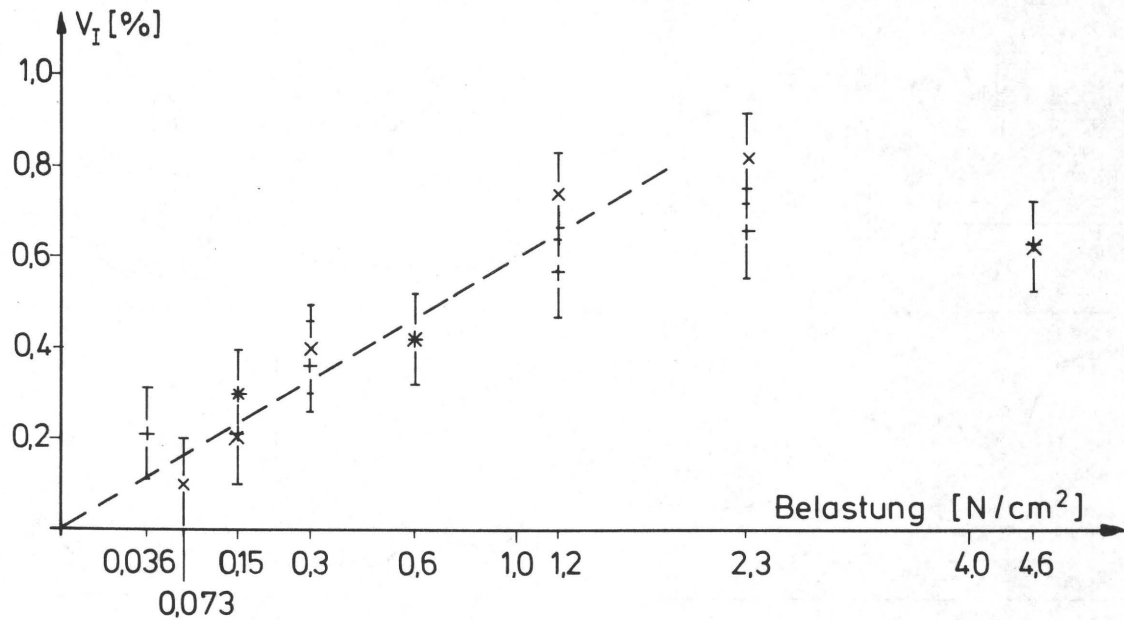


Bild 40 Integralverschmierung V_I in Abhängigkeit von der aufgelegten Belastung (Belastungsachse mit Wurzel-skala)

* = 1. Versuchsreihe

x = 2. Versuchsreihe

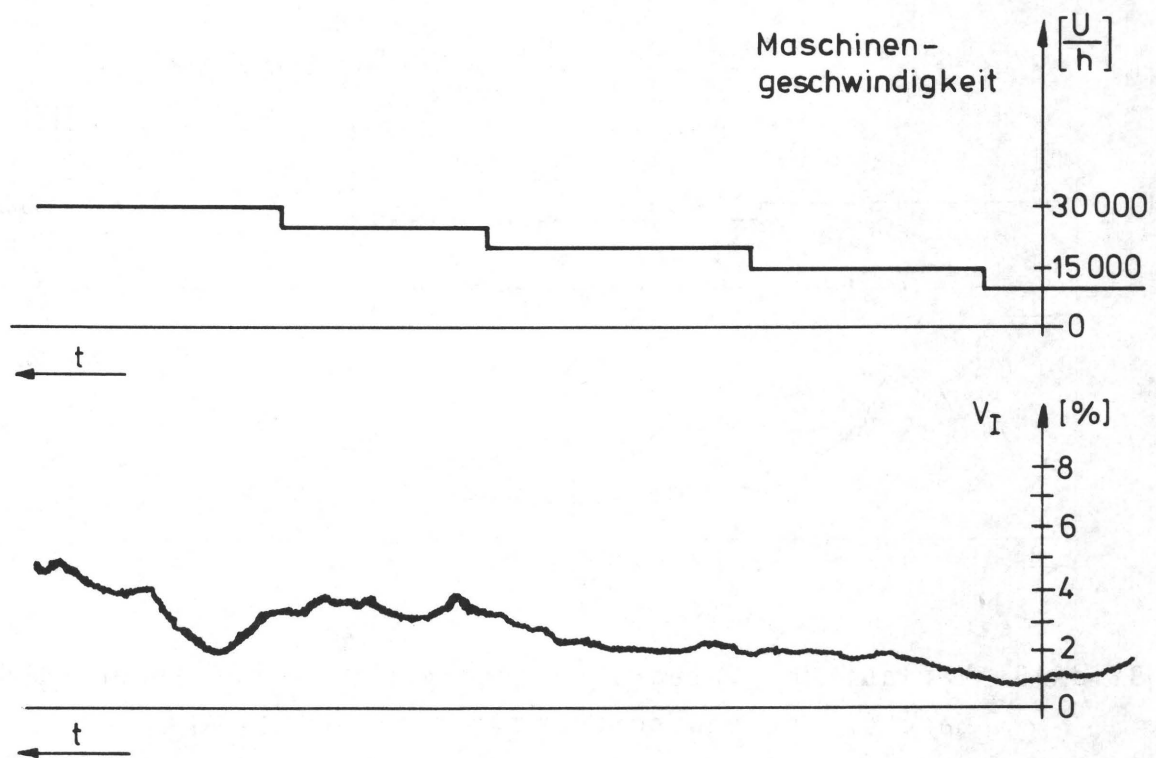


Bild 41 Verlauf der Integralverschmierung V_I bei Änderung der Maschinengeschwindigkeit (Naturpapier)¹
Die Abschmierbelastung betrug 1,2 N/cm²²

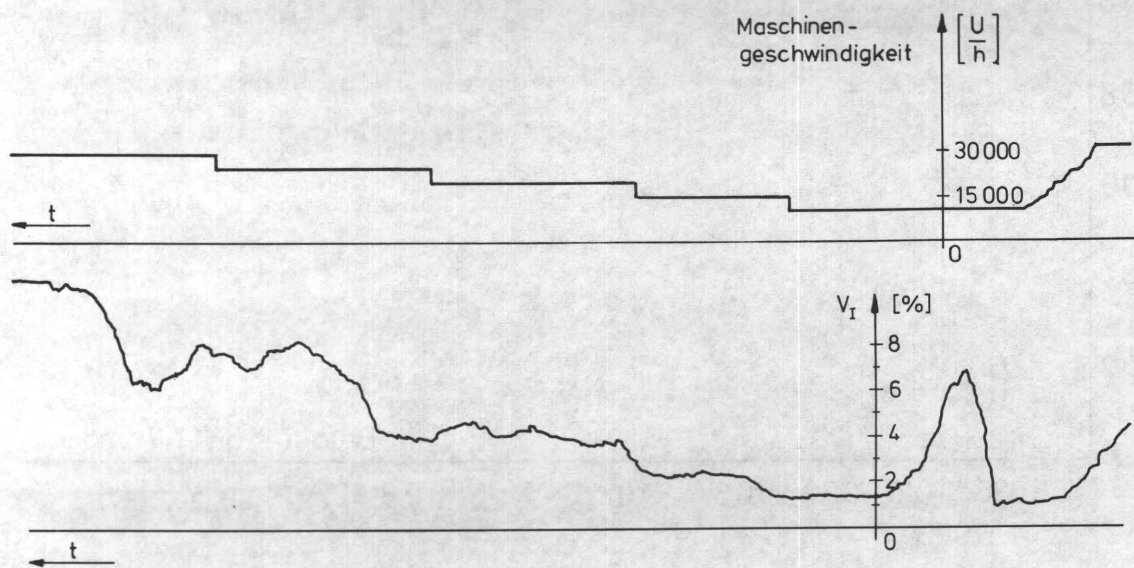


Bild 42 Verlauf der Integralverschmierung V_I bei Änderung der Maschinengeschwindigkeit (Naturpapier)
Die Abschmierbelastung betrug $2,3 \text{ N/cm}^2$

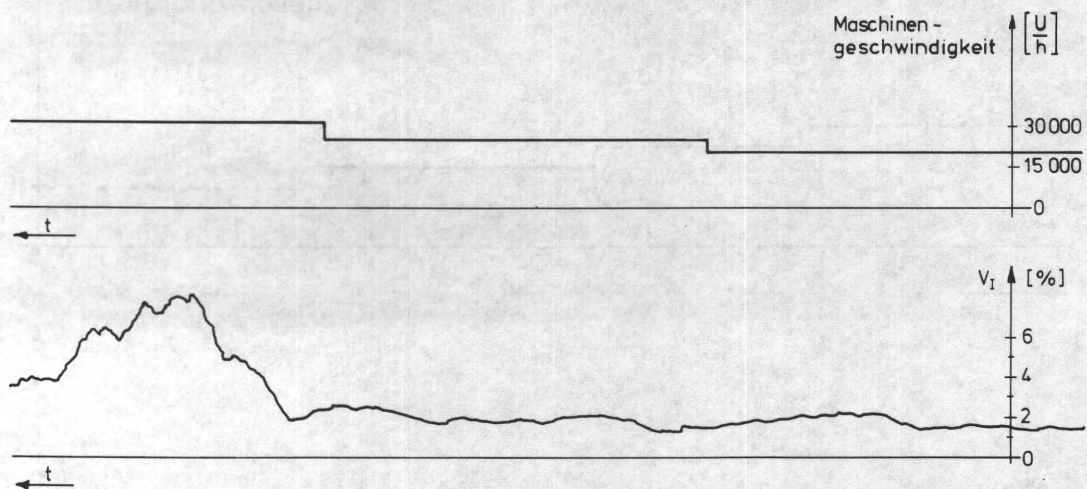


Bild 43 Verlauf der Integralverschmierung V_I bei Änderung der Maschinengeschwindigkeit (gestrichenes Papier)
Die Abschmierbelastung betrug $1,2 \text{ N/cm}^2$